



Inventering av förorenad mark på LKAB's industriområden i Kiruna, Svappavaara och Malmberget

Camilla Esberg

Handledare: Mats Linde (SLU)
Tina Hedlund (Yttre miljö, LKAB)
Susanne Rostmark (Projektavdelningen, LKAB)
Examinator: Dan Berggren Kleja (SLU)

EXAMENSARBETE, 20 p, D-nivå

Förord

Detta examensarbete har utförts åt Loussavaara Kiirunavaara AB (LKAB) och omfattar 20 poäng på D-nivå i huvudämnet markvetenskap inom naturresursprogrammet. Arbetet gjordes 2004 och till min hjälp hade jag handledare både på LKAB och vid Institutionen för Markvetenskap vid Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU. Planering och praktiskt utförande gjordes i samarbete med en examensarbetare från Umeå Universitet.

Först och främst vill jag tacka mina handledare Tina Hedlund (LKAB), Susanne Rostmark (LKAB) och Mats Linde (SLU) för all hjälp och all tid de lagt ner. Ett stort tack också till Johan Hörnsten (MRM) och Mattias Lundberg (WSP Luleå) som hjälpte till med provtagningen. Jag vill också passa på att tacka alla på LKAB som hjälpt till med bakgrundsinformation och alla praktiska detaljer. Ett speciellt tack till Linda Dahlström för de goda stunderna och det goda samarbetet under den här tiden.

Sammanfattning

LKAB fick en uppmaning från Länsstyrelsen i Norrbottens län att påbörja inventeringen av alla eventuellt förorenade områden som uppstått i samband med deras verksamhet. Inventeringen skulle utföras enligt MIFO-modellen där MIFO står för Metodik för Inventering av Förorenade Områden och är ett hjälpmedel för att bedöma enskilda förorenade områden och vilka risker de kan utgöra. Under 2003 påbörjades MIFO Fas 1, där tillgänglig data om objekten samlades in och dokumenteras. I examensarbetet ingår att komplettera MIFO Fas 1 vid behov samt utföra MIFO Fas 2, vilket innebär en översiktlig undersökning av prioriterade objekt.

16 objekt på LKAB:s industriområden i Kiruna, Svappavaara och Malmberget prioriterades till MIFO Fas 2 och provtagning av dessa utfördes v 27 2004. Provtagningsplaneringen och provtagningen skedde i samarbete med konsultfirman MRM i Luleå och laboratorieanalyserna utfördes av Analytica i Luleå.

Provtagningen utfördes främst med skruvborr som var en meter lång och drevs av en borrarbandvagn (GeoMaskin 75), denna användes även vid förborrning av hål för utplacering av grundvattenrör. Andra provtagningsmetoder var moränborr (monterad på GeoMaskin 75), grävning med grävskopa, manuell spadborr och provtagning på markytan med sked. Informationen från MIFO Fas 1 användes för att arbeta fram provtagningsplaner anpassade till de enskilda objekten och utifrån den informationen bestämdes: provtagningsmönster, vilka medier som skulle provtas, antalet provpunkter och till vilket djup och vilka analyser som skulle utföras. Två objekt kunde ej provtas enligt planerna, Transformatorplatsen i Svappavaara (objekt 8) och Nuvarande tankplats (objekt 14). Transformatorplatsen kunde ej provtas eftersom det grova ytlagret inte kunde penetreras med den utrustning som fanns tillgänglig och på den Nuvarande tankplatsen fanns det för många kablar och ledningar för att provtagning skulle vara möjlig.

Runt järnmalmshuvud är det främst "kringverksamheten" såsom verkstäder, tankplatser, skrotgårdar etc. som förorenar områden och i jämförelse med sulfidgruvor är det relativt lite tungmetaller inom industriområdet. De metaller som påträffades under undersökningen och har en hög miljörisk är främst arsenik och kvicksilver, men även zink, koppar, bly, kadmium och nickel. Det är framförallt på tre objekt som tungmetaller lokaliserades: de två skrotgårdarna (objekt 1 och 15) i Kiruna och Malmberget samt F d skrotuppsamlingsplatsen i Malmberget (objekt 13). Dessa områden har de mest komplexa föroreningsbilderna då det finns både tungmetaller och organiska föroreningar.

De mest förorenade objekten på LKAB:s industriområden har höga halter av alifatiska föreningar och i vissa fall låga halter av PAH. De högsta koncentrationerna av organiska föreningar hittades på Oljegropar på jordtippen (objekt 7), men även på andra objekt där oljor och diesel handteras påträffas förorenade massor. Till dessa objekt hör främst objekt där olja mellanlagras, som Blå ladan i Kiruna (objekt 2), Panncentralen PC 5 i Kiruna (objekt 3), och KCK i Malmberget (objekt 12), men också transformatorplatser (objekt 8 och 16) i Svappavaara och Malmberget samt Tankplatsen i Kiruna (objekt 5).

Under undersökningen har dock inga spår hittats av PCB, lösningsmedel eller klorerade kolväten och inga höga halter av föroreningar påträffades i de tre grundvattenrör som placerades ut under denna undersökning (2 st grundvattenrör på Industritippen i Kiruna (objekt 6), och ett gv-rör på Skrotgården i Malmberget (objekt 15)).

Abstract

The county administration asked LKAB to make an inventory of possibly contaminated sites caused by their mining activity. The inventory should be performed according to the MIFO model, a method from SEPA which is used to assess a contaminated site. The first phase involves collection of information through interviews and site inspections and in phase 2 a general survey with field sampling is conducted.

LKAB started the work with the first phase of the survey during 2003. During this project the information collected in Phase 1 was evaluated and 16 of the sites were chosen to proceed to MIFO Phase 2 (six sites in Kiruna, and 5 sites respectively in Svappavaara and Malmberget). The sampling of these 16 sites was performed during week 27 2004. The planning and the sampling were done together with MRM in Luleå and the soil samples were sent to Analytica in Luleå for laboratory analysis.

The sampling was primarily done with a one meter long screw drill, powered by GeoMaskin 75. This method was also used to drill holes for groundwater pipes. Other methods used were: moraine drill (powered by GeoMaskin 75), sampling pit dug by excavator and manual sampling on the soil surface with a spoon. The information from phase 1 was used to make individual sampling plans for each site. In order to design a sampling plan choices are made regarding: sampling pattern, number of samples, sampling method, etc. Two of the 16 sites could not be sampled according to the plan: The transformer place (object 8) and Present Refuelling place (object 14). The coarse top material at the transformer place could not be penetrated with the equipment at the site and too many wires in the ground made it impossible to take soil samples at the Present Refuelling place.

At iron ore mines it is mostly the activities around the mine such as workshops, refuelling places, junkyards etc. that causes most of the pollution and compared to sulphide mines there are relatively few heavy metals. The heavy metals found at the contaminated sites in this survey were mostly arsenic and mercury, but also some zinc, copper lead, cadmium and nickel. The two junkyards (object 1 and object 15) and The former scrap collection place (object 13) are the three sites where heavy metals had high concentrations. These objects also have the most complex contamination situation with both heavy metals and organic compounds.

The most contaminated sites at LKAB's industrial areas have high concentrations of aliphatic hydrocarbons and in some cases low concentrations of PAH. The highest concentrations are found on The oil pits (object 7), but also at other sites where oil and diesel have been handled. These sites include areas where oil has been temporary stored, areas such as The blue barn (object 2), The boiler room, PC 5 (object 3) and KCK (object 12), but also places where the transformers are (object 8 and 16) as well as the refuelling place in Kiruna (object 5).

During this survey no traces of PCB, solvents and chlorinated hydrocarbons have been found. And no high concentrations of pollution were detected in the three groundwater pipes which were installed (two groundwater pipes at The industrial disposal site (object 6) and one pipe at The junkyard (object 15)).

Innehållsförteckning

1. INLEDNING.....	5
2. BAKGRUND	6
2.1 LKAB.....	6
2.1.1 Kiruna	7
2.1.2 Svappavaara.....	7
2.1.3 Malmberget	7
2.2 FÖRORENINGAR INOM GRUVINDUSTRIEN	8
2.2.1 Organiska föreningar.....	8
2.2.2 Tungmetaller	9
2.3 MIFO.....	10
2.3.1 Fas 1: Orienterande studier.....	11
2.3.2 Fas 2: Översiktlig undersökning.....	11
2.4 PROVTAGNING	11
2.4.1 Upprättande av provtagningsplan.....	12
2.4.2 Provtagning av jord	14
2.4.3 Provtagning av grundvatten.....	16
2.5 ANALYSER	17
2.5.1 Fotojonisationsdetektor.....	17
2.5.1 Portabel röntgenfluorescensspektrometer.....	17
2.6 RIKTVÄRDEN	18
2.6.1 Modell	19
2.7 LAGSTIFTNING OCH TILLSTÅND	20
3. MATERIAL OCH METODER	21
3.1 PRIORITERADE OBJEKT.....	22
3.1.1 Kiruna	22
3.1.2 Svappavaara.....	26
3.1.3 Malmberget	29
3.2 PROVTAGNING	32
3.2.1 Provtagningsplan	32
3.2.2 Utförande	32
3.2.3 Provhantering och analyser.....	33
4. RESULTAT OCH DISKUSSION.....	36
4.1 TILLFÖRLITLIGHETEN HOS UNDERSÖKNINGAR OCH ANALYSRESULTATEN	36
4.1.2 Jämförelse mellan XRF-resultat och HNO ₃ /H ₂ O ₂ -analys av metallhalter	37
4.2 ANVÄNDNINGEN AV RIKTVÄRDEN	40
4.3 FÖRORENINGAR PÅ LKAB:S OMRÅDEN	40
4.4 OBJEKTEN.....	41
4.4.1 Kiruna	42
4.4.2 Svappavaara.....	46
4.4.3 Malmberget	48
5. SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER	51
5.2 MIFO.....	52
5.1 FÖRSLAG TILL FORTSÄTTA ÅTGÄRDER.....	52
6. REFERENSER.....	56
BILAGA 1: PROVTAGNINGSPLANERING	58
Kiruna	58
Svappavaara.....	58
Malmberget.....	59
BILAGA 2. OBJEKT INFORMATION.....	60
Objekt 1. Skrotgården	60

<i>Objekt 2: Blå ladan</i>	62
<i>Objekt 3: Panncentralen PC 5</i>	63
<i>Objekt 4: Oljefläck vid cisternen</i>	63
<i>Objekt 5: Tankställe vid M-husen och bussgaraget</i>	64
<i>Objekt 6: Industritippen (Gamla soptippen)</i>	64
<i>Objekt 7: Oljegropar på jordtippen</i>	66
<i>Objekt 8: Transformatorplats</i>	67
<i>Objekt 9: F d Maskinskrotmingsplats</i>	68
<i>Objekt 10: Transformatorupplag samt plats för demontage av elkranar</i>	69
<i>Objekt 11: F d spillfett- och oljeupplag</i>	69
<i>Objekt 12: KCK</i>	71
<i>Objekt 13: F d skrotuppsamlingsplats</i>	72
<i>Objekt 14: Nuvarande tankplats</i>	73
<i>Objekt 15: Skrotgården</i>	74
<i>Objekt 16: Transformator vid borraripen</i>	78
BILAGA 3. XRF-RESULTAT	79
BILAGA 4. ARBETSMILJÖPLAN	81
BILAGA 5. FÄLTPROTOKOLL - OBJEKT	85
BILAGA 6. FÄLTPROTOKOLL - PROVTAGNINGSPUNKT	86
BILAGA 7. FRÅGEFORMULÄR.....	87

1. Inledning

År 1990 fick Naturvårdsverket i uppdrag att planera åtgärder för efterbehandling av förorenade områden (Naturvårdsverket, 2002). En enhetlig metodik har utvecklats för att kunna göra riskbedömningar med en rimlig säkerhet – Metodik för Inventering av Förorenade områden (MIFO). I MIFO definieras ett förorenat område som *”en deponi, mark, grundvatten eller sediment som är så förorenat av en punktkälla att halterna påtagligt överskrider lokal/-regional bakgrundshalt”*.

Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag (LKAB) har under lång tid haft verksamheter på många orter i Nordkalotten, bland annat i Narvik, Kiruna, Svappavaara, Malmberget och Luleå. LKAB fick (2003-03-31 via brev) en uppmaning av Länsstyrelsen i Norrbottens län att påbörja arbetet med att inventera alla eventuellt förorenade områden som uppstått i samband med företagets verksamhet (muntliga uppgifter Tina Hedlund). Inventeringen skulle göras enligt MIFO-modellen och arbetet påbörjades under 2003. LKAB har till viss del utfört den inledande fasen (MIFO Fas 1) där tillgänglig data om objekten samlas in och dokumenteras.

I detta examensarbete ingår att gå igenom LKAB:s arbete med den inledande fasen, MIFO Fas 1, och utföra nödvändiga kompletteringar. Utifrån den dokumenterade informationen gjordes en prioritering för att bestämma vilka objekt som man ville titta närmare på i en översiktlig undersökning (MIFO Fas 2). I denna andra del av inventeringen ingår att förbereda och utföra provtagning av de utvalda objekten samt sammanställning och utvärdering av resultaten. Provtagningsplaneringen och provtagningen skedde i samarbete med konsultfirman MRM i Luleå. Resultaten skall sedan kunna användas vid rapportering till Länsstyrelsen.

2. Bakgrund

2.1 LKAB

Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolags (LKAB) verksamhet har betytt mycket för utvecklingen på Nordkalotten (figur 1). I över hundra år har järnmalm brutits av företaget, men på 1600-talet när bergsbruket startade i regionen var det silver och koppar som lockade (Barch, 2003). Det var först när en ny metod uppfanns på 1870-talet som järnmalmsfyndigheterna i Kiruna och Malmberget blev kommersiellt intressanta (LKAB, 2004). Den nya metoden innebar att man kunde tillverka stål av bra kvalitet från den fosforrika malmen. LKAB bildades 1890 och det var främst fyndigheterna i Kiruna som var aktuella att bryta. 1907 blev staten delägare i företaget och idag är LKAB helt statsägt. LKAB har under årens lopp brutit malm i många gruvor, bland annat i Luossavaara, Tuolluvaara och Svappavaara, men det är endast två gruvor som bearbetas idag: Kiirunavaara och Malmberget. Sedan starten 1890 har LKAB brutit järnmalm i Lappland och den totala produktionen uppgår till mer än en miljard ton.



Figur 1. Karta över Nordkalotten med de fem mest centrala orterna för LKAB: Narvik, Kiruna, Svappavaara, Malmberget och Luleå.

LKAB är ett litet företag i jämförelse med andra järnmalmsproducenter i världen, bolaget står endast för ca fyra procent av världsmarknaden. Eftersom LKAB är en i sammanhanget liten leverantör satsas mycket på förädling av produkterna och hög kvalitet är viktigt. Av de stora järnmalmsproducenterna är det endast LKAB som bryter malmen under jord. Detta är givetvis en ekonomisk nackdel, men kompenseras med storskaliga brytningsmetoder, hög järnhalt, hög förädlingsgrad och närheten till den europeiska marknaden. (Barch, 2003)

LKAB bryter främst magnetitmalm, som innehåller höga halter apatit, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})$, men även mycket hornblände, $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_5(\text{Al}, \text{Si})_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ (muntliga uppgifter Susanne Rostmark). Malmen delas in i två typer: D-malmen som är fosforrik (1-2% P) och B-malmen som är fosforfattig (< 0,1%). B-malmen delas in i ytterligare två typer: B1 som är låg alkali och B2 som är hög alkali. Alkalikällorna är biotit, $\text{K}(\text{Fe}, \text{Mg})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{F}, \text{OH})_2$, och

albit, $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$. Liggväggen (bort från Kiruna) består främst av trakyt (går på LKAB under benämningen syenit-porfyr) men i västra delen finns ryolit (som även kallas kvartsporfyr inom LKAB) med lite trakyt (Hansson, 1999). Hängväggen (närmast Kiruna) består främst av ryolit eller närmare bestämt ryodecit.

Den huvudsakliga produkten är pellets, centimeterstora malmkulor, en annan produkt är fines, ett sandliknande järnmaterial. De förädlade malmprodukterna skeppas från hamnar i Luleå och Narvik, mestadels till stålverk i Europa men även till kunder i Nordafrika, Mellanöstern och Sydostasien. Det finns två pelletsverk i vardera i Kiruna och Malmberget, samt ytterligare ett i Svappavaara. På LKAB:s industriområden finns förutom själva gruvorna och anriknings- och pelletsverk även kringverksamhet. Hit räknas bland annat verkstäder, tankställen, skrotgårdar, anläggningar för mellanlagring av oljor, kontor, mannskapshus, garage och förråd.

2.1.1 Kiruna

I litteratur nämns förekomsten av järnmalm i Kiruna första gången 1696 och redan 1764 sägs Kirunamalm ha forslats med renar till Masugnsbyn. LKAB startade sin gruvdrift i Kiruna 1898 och under 60 års tid bröts malmen i dagbrott, 1962 gick brytningen under jord. (Barch, 2003)

Högsta toppen på berget Kiirunavaara var 247,7 meter över Luossajärvis yta. 1910 sprängdes toppen bort av en rekordsalva och från en punkt under den gamla toppen anges gruvans nivåer. Dagens transportnivå ligger enligt denna beräkning på 1 045 meters djup. Malmkroppen kan beskrivas som en skiva som ligger lutande på högkant och är ca fyra kilometer lång, i genomsnitt 80 meter bred och går minst två kilometer på djupet. Denna form gör att malmen måste tas från ett allt större djup. Huvudnivåerna har hittills sänkts sex gånger. Den senaste sänkningen blev klar 1997 och säkrade brytning, under de då gällande förutsättningarna, fram t o m 2014. Genom att ta malmen under delar av Luossajärvi förlängdes brytningen med ytterligare fyra år. Minst hälften av malmen i Kiruna återstår, men hur mycket av den som kan brytas är en ekonomisk fråga.

Kiirunavaara har länge varit världens största järnmalmsgruva under jord. Nere i gruvan finns matsal, kontor, verkstäder, krossar, styrcentral, personalutrymmen och malmskipar (snabbgående hissar) samt närmare 50 mil orter och transporttunnlar.

2.1.2 Svappavaara

I Svappavaara började man bryta malm redan 1655, men då bröts högvärdig kopparmalm och det varade bara ett par årtionden. Man visste redan tidigt att det även fanns järnmalm i Leveäniemifältet i Svappavaara, men brytningen inleddes inte av LKAB förrän 1961. Gruvan i Svappavaara bearbetades som ett dagbrott fram till och med 1983 då gruvdriften avbröts och pelletsverket stängdes på grund av en långvarig stålverkskris. Pelletsverket sattes åter i bruk redan året därpå, men nu är det malm från Kiruna som anrikas och förädlas i verken. Malmen transporteras till och från Svappavaara med tåg, även andra produkter så som tillsatsmedel och olja transporteras på detta sätt.

2.1.3 Malmberget

Fyndigheterna i Gällivarebergen kan också ha varit kända redan på mitten av 1600-talet, men verksamheten i området kom inte igång på allvar förrän 1892. Till en början drevs brytningen av Aktiebolaget Gällivare Malmfält men togs senare över av LKAB. Inledningsvis bröts Malmbergsmalmerna i dagbrott, men på 1920-talet förflyttades produktionen helt under jord.

Kaptensmalmen, den största fyndigheten, sträcker sig in under samhället Malmberget och delar det i två delar, åtskilda av *Gropen* (dagbrottet). (Barch, 2003)

Malmkropparna i Malmberget är samlade i ett område som är ca en halv mil långt och två kilometer brett. Tillskillnad från malmkroppen i Kiruna, som är samlat i ett stort stycke, var Malmbergets malm uppdelat i ett 20-tal kroppar. Många av dessa är utbrutna och verksamheten sker idag i tio av malmkropparna. Det finns dock fortfarande mycket malm kvar, beräkningar visar på att det med säkerhet finns omkring 150 miljoner ton. (Barch, 2003)

2.2 Föroreningar inom gruvindustrin

Under 1992-1994 genomfördes en branschkartläggning av Naturvårdsverket, detta för att identifiera de allvarligaste branscherna, ur föroreningssynpunkt, i Sverige (Naturvårdsverket, 2002). De föroreningar som kan antas spridas i miljön på grund av verksamheter på LKAB:s industriområden är främst: tungmetaller, organiska föroreningar, PCB och PAH (tabell 1) (Svenska geotekniska föreningen, 2001).

Tabell 1. De verksamheter som listas här tillhör de som finns på LKAB:s industriområden och de föroreningar som hör samman med respektive verksamhet (tabell från Svenska geotekniska föreningen, 2001).

Verksamhet	Föroreningar
Bensinstationer	Olja, aromater, tillsatsmedel (bl a MTBE)
Gruvor och upplag	Metaller, cyanider, aromater och olja
Oljedepåer	Olja, aromater, tillsatsmedel (bl a MTBE, vinylklorid)
Skrotanläggningar	Olja, PAH, tungmetaller, PCB, glykol, batterisyra, bensin, diesel, klorerade lösningsmedel
Verkstadsindustrier	Olja, PAH, klorerade och icke klorerade lösningsmedel, tungmetaller

2.2.1 Organiska föroreningar

I jord påverkas mobiliteten hos organiska föroreningar av två processer: sorption och nedbrytning (McBride, 1994). För att kunna förutsäga vad som händer med föroreningarna i jorden måste man förstå dessa processer.

Adsorption och desorption styrs av molekylernas kemiska egenskaper samt ytegenskaperna på jordpartiklarna. För organiska föreningar beror adsorptionen bl a på vilka funktionella grupper som finns, storleken och formen på molekylerna samt om molekylerna är polära. Detta är också egenskaper som påverkar molekylernas vattenlöslighet. (McBride, 1994)

Biologisk nedbrytning kan utföras av växter och djur, men det är framförallt mikroorganismerna som är viktiga i processen. Denna nedbrytning påverkas av fysiska, kemiska och biologiska faktorer, så som temperatur, pH, salt- och vattenhalt, gifter i jorden, syre- och näringstillgång, samt vilka olika mikroorganismer och växtarter som finns på platsen. Detta innebär att det är stora variationer mellan olika jordar och deras möjlighet att bryta ner en speciell sorts förorening. Det finns även nedbrytning som inte är biologisk, t ex fotokemisk nedbrytning vid markytan, men denna är inte lika omfattande som den biologiska nedbrytningen och ofta resulterar den i ofullständig nedbrytning med restprodukter som följd. (Alexander, 2001)

Petroleumkolväten har en minskande flyktighet och vattenlöslighet med stigande antal kolatomer, medan adsorptionen till organiskt material i marken ökar med antalet kolatomer. Vid

jämförelse mellan aromatiska och alifatiska kolväten har de aromatiska en högre vattenlöslighet och sämre förmåga att binda till organiskt material. (Naturvårdsverket, 1998c)

Polyklorerade bifenyl (PCB)

PCB har använts sedan 1930-talet i kondensatorer och transformatorer, hydrauloljor mm. Det är en grupp bestående av 209 enskilda kongener, som skiljer sig åt kemiskt genom antalet kloratomer på molekylerna och hur de är placerade. De biologiska effekterna varierar i styrka och kvalitet för de olika PCB kongenerna. PCB har i flertalet studier visat att de orsakar cancer, försämrat immunförsvar och beteendeförändringar och är numera förbjudet i Sverige. (Institutet för miljömedicin, 2004) I jord binder PCB starkt till organiskt material, och bindningsstyrkan ökar med antalet kloratomer (Connell, 1997). De större kongenerna är också mindre vattenlösliga och därför mindre mobila.

Polycykliska aromatiska kolväten (PAH)

PAH består av två eller fler bensenringar och bildas vid ofullständig förbränning av organiska ämnen, som olja eller kol (Connell, 1997). Det har länge varit känt att exponering för produkter som innehåller PAH kan medföra en ökad risk för cancer (Institutet för miljömedicin, 2004). PAH är inte cancerogena i sig själva, men bildar cancerogena metaboliter vid nedbrytning.

Den största delen av PAH finns i gasform efter förbränning, framförallt de föreningarna som har tre eller färre bensenringar på grund av deras höga ångtryck. I luften är PAH väldigt reaktiva och oxideras, men vissa av föreningarna binder till partiklar i luften, vilket innebär att de blir mer stabila och kan spridas långa sträckor.

2.2.2 Tungmetaller

Tungmetaller är metaller med en densitet som är högre än 5 g/cm^3 . De förekommer naturligt i miljön och vissa av tungmetallerna är essentiella för växter, till exempel koppar och zink. Flertalet tungmetaller har dock toxiska egenskaper och om halterna av de essentiella eller andra tungmetaller är höga påverkar de växter och djur negativt. Till den här gruppen räknas ofta arsenik, trots att det är en halvmetall. I detta kapitel tas arsenik, kvicksilver och bly upp, metaller som förväntas finnas på LKAB:s industriområden.

Arsenik

Arsenik är ett mycket giftigt, cancerogent ämne. Det kan bland annat orsaka tumörer i hud, lungor, urinblåsa och möjligtvis även i njurar och lever. Arsenik finns i jordskorpan i varierande koncentrationer och har framförallt använts vid impregnering av virke, till exempel slipers. Halterna av arsenik i luft är oftast låga. (Institutet för miljömedicin, 2004)

De vanligaste oxidationstalen för arsenik i mark är +3 och +5, även om -3 och 0 kan förekomma under reducerande förhållanden i jordar och sediment. Arsenik med oxidationstalet +3 i olika föreningar är den formen som man mest troligt hittar i anaeroba jordar. Den formen som är mest stabil i aeroba jordar är arsenat, AsO_4^{3-} , med oxidationstalet +5. Arsenat adsorberas starkt av järn- och aluminiumoxider, icke kristallina aluminium-silikater och till viss del även skikt-silikatleror. Det adsorberar mest effektivt vid lågt pH eftersom det är en anjon till en stark syra (H_3AsO_4 , pK_a 2,24, 6,94 och 11,5). Markorganismer och manganoxider kan gynna oxidation av arsenik från arsenit (AsO_3^{3-}) till arsenat under aerobiska förhållanden. Arsenit bildar anjoner endast vid höga pH, och adsorptionen verkar vara starkast mellan pH 7 och 9.

Kvicksilver

Kvicksilver är inte ett särskilt vanligt ämne i vår miljö och finns oftast i formen HgS, men förekommer även i metallisk form (Warfvinge, 1997). Kvicksilver har ett högt ångtryck och är i metallform väldigt flyktig, denna gas är dock väldigt giftig för organismer (McBride, 1994). Metylkvicksilver är den kvicksilverförening som är farligast för organismer, eftersom kvicksilver som är organiskt bundet lätt kan tas upp. Det är framförallt under anaeroba förhållanden i mark och i akvatiska miljöer som mikroorganismer metylerar kvicksilver, men i anaerobiska förhållanden kan det även övergå till HgS som är svårslösligt. Kvicksilver är både bioackumulerande och biokoncentrerande i miljön.

Kvicksilver har en väldigt komplex kemi, det är därför svårt att göra antaganden om dess mobilitet i jorden. I jord förekommer kvicksilver främst som Hg^{2+} , eftersom Hg^+ är mer instabil. Kvicksilver, både organiskt och oorganiskt, binder starkt till organiskt material i jorden och ackumuleringen av kvicksilver är korrelerad till det organiska materialet. Till skillnad från andra ämnen med liknande elektronkonfiguration har kvicksilver främst icke-polära complexbindningar. Hg^{2+} adsorption på silikatleror och oxider är starkare vid högre pH (McBride, 1994).

Bly

Bly är ett vanligt ämne i jordskorpan och uppträder främst som PbS, men även andra föreningar som metylerat bly förekommer (Warfvinge, 1997). Människan började använda bly redan för 5000 år sedan och det används fortfarande flitigt inom industrin. Genom att bly har använts under så lång tid har mycket bly spridits i miljön. Under senare år har blybelastningen dock minskat, främst på grund av att bly i bensin tagits bort. En viktig process i ekosystemen är nedbrytning. Bly har en förmåga att hämma nedbrytningen i mårskiktet och är även väldigt giftigt för människor och andra organismer.

Bly förekommer framförallt i oxidationsformen +2 i jord. Det är väldigt svårslösligt i reducerande förhållanden. Vid oxiderande förhållanden blir Pb^{2+} mindre lösligt med ökande pH. Om det finns humus är Pb^{2+} komplexbundet och på grund av det ackumuleras bly i humusrika horisonter. Bly är den minst mobila tungmetallen i jord, speciellt under reducerande och icke sura förhållanden.

2.3 MIFO

Naturvårdsverket har uppskattat att det finns runt 38 000 förorenade områden i Sverige varav ca 29 400 har blivit identifierade (Naturvårdsverket, 2004). Många av dessa områden innebär betydande läckage av ämnen som leder till oacceptabla miljöeffekter. För att underlätta inventering av förorenade områden utvecklades en enhetlig metod, Metodik för Inventering av Förorenade Områden (MIFO) som används för att bedöma de enskilda förorenade områdena (Naturvårdsverket, 2002). För att underlätta dokumenteringen och för att objekten skall utvärderas på samma sätt finns ett antal blanketter med i MIFO-modellen, som fylls i den mån det är möjligt. MIFO är ett hjälpmedel för att kunna avgöra vilka risker ett område kan utgöra nu eller i framtiden med en rimlig säkerhet (Naturvårdsverket, 2002). Detta tillvägagångssätt innebär också att objekt i olika delar av landet kan jämföras. Genom att använda modellen görs en samlad bedömning av föroreningsgraden, föroreningsnivån, spridningsförutsättningar och områdets känslighet/skyddsvärde. Dessa faktorer vägs samman och objektet inordnas i en av fyra riskklasser:

1. Mycket stor risk
2. Stor risk
3. Måttlig risk
4. Liten risk.

MIFO modellen är indelad i två faser som finns beskrivna nedan. Genom att följa modellen kan man göra bedömningar av ett förorenat område och vilka risker en eventuell förorening innebär med ett begränsat underlag (Naturvårdsverket, 2002). Tanken är att resultatet skall ligga till grund för prioriteringar och beslut om vidare undersökningar, saneringar eller andra åtgärder.

2.3.1 Fas 1: Orienterande studier

Fas 1 av MIFO innebär att identifiera förorenade områden utan att utföra provtagning. Genom att samla in all tillgänglig information om branschen, objektets historia och omgivningarnas förutsättningar kan en uppfattning bildas av föroreningssituationen på området. Viktiga delar i denna process är platsbesök med rekognosering och intervjuer med personal på platsen. Men även arkiv och gamla fotografier erbjuder mycket kunskap om vad som skett på platsen. (Naturvårdsverket, 2002)

All information sammanställs och utvärderas. Under denna fas ställs hypoteser upp angående vilka föroreningar som kan förväntas på objektet, möjlig utbredning av ämnena samt exponering av människor och miljö (Svenska geotekniska föreningen, 2001). Utifrån utvärderingen görs en riskklassning och, om det är aktuellt, en prioritering till Fas 2 (Naturvårdsverket, 2002). Slutligen rapporteras resultaten och all data lagras.

2.3.2 Fas 2: Översiktlig undersökning

Under MIFO Fas 2 skall de ställda hypoteserna från Fas 1 antingen verifieras eller förkastas (Svenska geotekniska föreningen, 2001). En översiktlig undersökning, som detta är, går ut på att ge en överblick av föroreningsförhållandena och resulterar i en förnyad riskklassificering utifrån mer underlagsinformation.

Till att börja med upprättas en geokarta, som fungerar som underlag för provtagningsplanen samt vid bedömning av spridningsförutsättningarna. Provtagningsplanen ska innehålla provtagningsmedia, provtagningsmönster samt antal och djup på provpunkterna. Man måste även gå igenom provhantering, förvaring och vilka analyser som ska utföras. Mycket av planeringen för undersökningen utgår ifrån vad som framkommit vid den orienterande studien.

All information sammanställs och utvärderas, objektet riskklassas åter och på en ny information är det möjligt att klassen måste justeras. Alla resultat rapporteras och all data lagras.

2.4 Provtagning

För att nå en god standard vid undersökning av ett potentiellt förorenat område måste varje steg i utförandet hålla en god kvalitet. Åtgärder måste tas för att säkra kvalitén under hela provtagningsprocessen: före, under och efter. Definitionen på kvalitetssäkring är : *"alla planerade och systematiska åtgärder nödvändiga för att ge tillräcklig tilltro till att en produkt eller tjänst kommer att uppfylla givna krav på kvalitet"* (Svenska geotekniska föreningen, 2001).

Följande moment hör till kvalitetssäkring:

- förebygga, skapa rätt förutsättningar
- planera, göra rätt saker vid rätt tidpunkt
- styra, gör på rätt sätt
- följa upp, är resultatet lyckat?
- korrigera, åtgärda orsaken till att det blev fel.

Kvalitetssäkring innebär bland annat att fältanalyserna skall utföras enligt de krav som anges i "Geoteknisk fälthandbok" (Svenska Geotekniska Föreningen, 1996) och att analyserna skall utföras av ackrediterade laboratorier (vilket innebär att laboratorierna har en intern kvalitetskontroll). Arbetet ska också utföras av kvalificerad personal, de rekommenderade metoderna följas och allting bör dokumenteras noggrant, inklusive felkällor och problem.

För marktekniska undersökningar innebär detta främst att säkerställa att mätdata som samlats in är riktiga och att utförda arbetsmoment är väl dokumenterade. Rätt datakvalitet innebär att mätdata uppfyller i förväg angivna och till undersökningens syfte anpassade krav. Kvalitetskraven omfattar ursprung, representativitet, relevans, precision, riktighet, fullständighet, jämförbarhet mm. Det finns även andra mer indirekta krav, t ex ekonomiska resurser och hur lång tid genomförandet får ta. Dock måste kvaliteten ändå vara så pass hög att syftet med undersökningen uppnås.

Det är viktigt att minimera påverkan vid beredning och förvaring av prover. Att hantera proverna på ett riktigt sätt är en viktig del ur kvalitetssäkringssynpunkt och har effekter på tillförlitligheten av undersökningen. Prover bör helst förvaras kyllda i ett mörkt utrymme. Om jord- eller sedimentprover skall analyseras med biologiska tester får den förvaras i högst en månad i kyla. Prover från grundvatten eller ytvatten förvaras frysta i högst -18 °C.

En hälso- och säkerhetsplan bör upprättas inför alla miljötekniska markundersökning. Syftet med hälso- och säkerhetsplanen är främst att förebygga de risker som kan uppstå i det kommande arbetet. Information från MIFO Fas 1 visar vilka föreningar som förväntas finnas på platsen och tillåter att lämpliga förberedelser och skyddsåtgärder kan tas. Det är framförallt ämnenas giftighet och explosivitet som är viktiga att ha kunskap om. Detta innebär att kravet på säkerhetsnivån varierar med risken för exponering. Detaljerad information om de olika säkerhetsnivåerna finns i en fälthandbok från Svenska Geotekniska Föreningen (2001).

2.4.1 Upprättande av provtagningsplan

Vid upprättande av en undersökningsstrategi är det viktigt att klargöra syftet och målet med undersökningen. Målet för undersökningen på LKAB:s industriområden är att göra en översiktlig undersökning för att få en bild av föroreningssituationen på objekten och det är viktigt att anpassa provtagningsstrategin till de individuella objekten enligt informationen från MIFO Fas 1.

Det finns ett antal punkter att fundera på vid bestämning av undersökningsstrategi:

- kvalitetssäkring, hur skall rätt kvalitet uppnås?
- föroreningar, vilka förväntas finnas och vilka egenskaper har de?
- punkt- eller diffuskälla, är placeringen känd eller okänd?
- provpunkter, hur många punkter behövs och på vilka djup skall proven tas?
- medier, vilka medier bör provtas för att kunna beskriva objektet på bästa sätt?
- provtagningsmönster, vilket mönster ger största möjligheten att upptäcka föroreningarna?

- analyser, vilka analysmetoder bör användas, vilka analyser bör göras och på hur många prov?
- arbetsmiljöplan, hur kan arbetet utföras på ett säkert sätt? (Svenska geotekniska föreningen, 2001)

Dessa punkter måste vägas samman och en avvägning görs för att resultatet av undersökningen på bästa sätt skall beskriva föroreningsbilden. T ex är behovet av fler provpunkter större vid punktkälla med okänd placering än vid diffus jämt fördelad förorening. Det är viktigt att undersökningen har rätt omfattning och strategi för att få ett lyckat resultat.

Föroreningar

Föroreningars egenskaper och uppträdande i jord och grundvatten är viktiga ur provtagningsstrategisk synvinkel, eftersom egenskaper såsom föroreningars flyktighet, densitet och lösbarhet i vatten påverkar många av de övriga parametrarna vid planering av undersökningar. Om man t ex jämför olika organiska föreningar kan de lokaliseras på olika områden i grundvattenmagasinet. De föreningar som har en hög löslighet i vatten (t ex alkoholer och fenoler) finns löst i grundvattnet. Föreningar med låg löslighet i vatten och lägre densitet än vatten (t ex olja och bensin) kan finnas som egen fas i porerna ovanför grundvattenytan, medan föreningar med låg löslighet och högre densitet (t ex klorerade lösningsmedel) kan sjunka ner genom grundvattenmagasinet tills det bromsas upp av ett tätare skick. Det finns även andra egenskaper hos föroreningar som man bör ha i åtanke vid provtagningsplanering, t ex ämnens nedbrytbarhet och eventuella nedbrytningsprodukter som kan vara giftigare än ursprungssämnet.

Provtagningsmedium

Olika föroreningar kan fördela sig olika mellan olika medium (jord, bottensediment, ytvatten, grundvatten, porgas och biota) i ett område. Valet av medium för provtagning görs utifrån undersökningens syfte. Helst bör föroreningssituationen belysas allsidigt och inte enbart från ett medium men provtagning i ett medium kan ge en överblick av föroreningssituationen. Andra medium kan då provtas vid om en andra mer detaljerad undersökning genomförs.

Provpunkter

Provpunkten representerar förhållanden i just den punkten med avseende på geologi, hydrogeologi och föroreningsgrad. Provpunkterna bör placeras så att alla delområden täcks in för att få den bästa bilden av den totala föroreningssituationen. Delområden är t ex skillnader i de geologiska förhållandena, inströmning respektive utströmning av grundvatten, känslighet med avseende på markanvändning samt föroreningars förväntade utbredning.

Antalet provpunkter på ett objekt beror på verksamhetsart, storlek och omfattning samt ekonomiska ramar, men undersökningens kvalité får inte vara beroende av storleken på objektet. Ett riktvärde är att det bör vara ca fem provpunkter per hektar, om föroreningsbilden anses vara heterogen. Om möjlighet finns bör prover tas ifrån ett område i närheten av objektet. Detta görs för att ta fram en bakgrundshalt som kan jämföras med de uppmätta halterna på ett objekt som förorenats av en punktkälla. Minst fem bakgrundsprover per provtagningsplats bör tas för att resultaten ska vara tillförlitliga (Naturvårdsverket, 2002).

Provtagningsmönster

Beroende på objektets karaktär, bakgrundsinformation, förväntad föroreningsbild bör provtagningsmönstret anpassas till förutsättningarna på objektet. De vanligaste provtagningsmönstren enligt Naturvårdsverket (1998a) är:

- *Riktad provtagning.* Denna metod kan vara lämplig i en inledande undersökning för att ta reda på om förorening finns. Provvupplägget bestäms av historiska uppgifter om aktivitet och utsläpp. Prover tas där utsläpp förväntas finnas. Denna metod ger inte möjlighet att bearbeta data statistiskt.
- *Systematisk provtagning.* Utförs vanligtvis i ett rektangulärt rutnät, men ett triangulärt sådant kan vara att föredra för att fånga in mindre särskilt förorenade områden skall upptäckas. Här täcks hela området in och det är lätt att lokalisera provtagningspunkter. Fördelen är att interpolering mellan punkterna underlättas, och nackdelen är att systematiska fel kan smyga in.
- *Slumpmässig provtagning.* Bra utifrån statistisk synpunkt eftersom systemfel förebyggs. Kan dock innebära att vissa områden inte blir provtagna.
- *Systematisk slumpmässig provtagning.* Blandning och systematisk och slumpmässig provtagning som innebär att en provpunkt slumpas ut i varje enhetsyta i rutnätet. Fördelen är att många av nackdelarna med slumpmässig och systematisk provtagning elimineras.

2.4.2 Provtagning av jord

Vid en provtagning ingår tre delar: att ta sig ner till provtagningsnivån, att ta provet och att ta upp provet till markytan. Vilken provtagningsmetod som används beror på syftet med undersökningen. Vid en översiktlig undersökning är det viktigaste inte att exakt bestämma djup och utbredning av föroreningarna, utan att bestämma vilka föroreningar som finns på objektet samt var de finns (Naturvårdsverket, 1998b). Man måste dock att välja en provtagningsmetod som når önskat djup och bevarar proverna så kemiskt intakta som möjligt.

Innan provtagningen påbörjas måste kablar och ledningar markeras för att undvika att dessa skadas vid provtagningen. Sedan kan provtagningspunkten lokaliseras och inmätning göras. Det är inte ovanligt att provtagningsplatsens läge måste justeras av en eller annan anledning. Vid provtagning skall noggranna noteringar göras för att ge en större förståelse av föroreningssituationen. Alla uppgifter dokumenteras i ett provtagningsprotokoll (Naturvårdsverket, 2002). Viktigt att dokumentera är jordarten samt spår av föroreningar som färg och lukt. Avvikande lager, lager med misstänkta föroreningar och olika jordarter skall provtas separat och får inte blandas (Svenska geotekniska föreningen, 2001).

Proverna placeras i diffusionstäta påsar, alternativt i dubbla plastpåsar som förslutes så tätt som möjligt, och märks med rätt beteckning. Proverna bör transporteras i kylbagar till laboratoriet. Om ej diffusionstäta påsar används måste jordprover med flyktiga föroreningar placeras i speciella glasburkar med tättslutande lock.

Grävning av provgrop

Provgroparna kan grävas antingen manuellt eller med en grävmaskin. Om det bara ska bli en liten grop och jorden innehåller ledningar och kablar bör grävningen helst utföras manuellt. Djupare maskingrävda gropar används främst för grövre material där man inte misstänker allvarliga föroreningar. Förutom att notera lagerföljder skall även information som t ex sipprande vatten eller håligheter dokumenteras. Om gropen fotograferas behövs en skala, t ex en spade eller ett mynt, för att ge en känsla för gropens verkliga storlek. Innan proven tas skall skärningsväggen rensas för att undvika kontaminering.

Denna metod lämpar sig för undersökningar ovan grundvattenytan och ungefär ner till 6 m djup och är relativt billigt. En stor fördel är att metoden ger en god överblick över lagerföljden och man kan studera jordprofilen. Det är också lättare att välja representativa prover och stora prover kan tas utan risk för kontaminering. Den största nackdelen är att täta lager kan punkteras och därigenom en oönskad spridning av föroreningar.

Skruvborr

Med en skruvborr tas prover kontinuerligt genom jorden (figur 2). Både längden på borsten och diameter kan variera stort, men enligt Naturvårdsverket (2002) ska borsten ha en diameter mellan 6 och 10 cm. Jordarten, grundvattenförhållanden och hanteringen av proverna påverkar kvalitén på undersökning där skruvborr används.

Denna metod är mest lämplig för kohesions- och siltjordar ovanför grundvattenytan, men kan även användas i grövre jordar, som löst packade och finkorniga moräner.

Vid provtagning skall skruvborren alltid göras ren innan borringen startar och mellan varje borrlängd. Borren skruvas ner i jorden och dras därefter upp, jordmaterial följer då med upp i skruvens gängorna. Proverna tas direkt från borrens jordfyllda gängor. För att minska kontamineringen med jord från överliggande nivåer i borrhålet måste yttersta lagret skapas bort från gängorna innan ett prov tas. Helst skall varje halvmeterssektion provtas. Den nedre halvan provtas först för att undvika att jord från överliggande material ramlar ner och kontaminerar proverna. I de fall då jorden är homogen kan ett samlingsprov tas, men risken är då att föroreningen späds ut. Om man vid provtagningen ser avvikande lager bör dessa provtas separat. Under borringen bör ljud och motstånd noteras eftersom de kan ge indikationer om jordarten.

Fördelarna med metoden är att den är enkel, snabb och smidig. Det är en vanlig metod, vilket innebär god tillgång på bormaskiner och kompetenta borrar. De största nackdelarna är kontamineringsrisken samt svårigheter vid provtagning i grovkorniga jordar.



***Figur 2.** Borrbandvagnen GM75 som användes vid provtagning med skruvborr och moränborr samt vid förborring av hål för grundvattenrör*

Andra provtagningsmetoder för jord

Spadborren är en manuell provtagningsmetod och tar liksom skruvborren störda jordprover, men de är inte lika omblandade i djupled. En moränborr kan med fördel användas vid grova jordarter där skruvborren har problem med att komma ner till rätt djup eller att få med jord-

provet upp till ytan. Moränborren hamras ner i marken och provet samlas i en hålighet i borren. Denna provtagningsmetod ger dock jordprover som troligtvis är mer kontaminerade av ovanliggande lager än skruvborren. Moränborren kan ibland hetta upp provet eftersom borren till viss del krossar markpartiklar. Detta innebär att föroreningar, framförallt flyktiga ämnen, kan övergå i gasform och avdunsta. Om provtagning av markytan ska utföras kan spade eller sked användas.

2.4.3 Provtagning av grundvatten

Vid grundvattenprovtagning måste först grundvattenrör installeras, det är i dessa som grundvattennivåobservationer och provtagningar görs (figur 3). Grundvattenrör kan installeras på två sätt, antingen genom att trycka/slå ner ett rör i jorden eller genom att borra ett hål och därefter trycka ner röret i hålet (Svenska geotekniska föreningen, 2001). Innan installeringen måste man välja vilket rörmaterial, rördiameter, slitsstorlek på filterröret, filterlängden, sandfiltrets utformning samt tätning runt röret som man vill använda. Beslutet bygger även på vilka ämnen som skall undersökas, vilken installationsmetod som används och kostnaderna. De vanligaste rören för provtagning av grundvatten är:

- miljörör av HDPE (high density polyeten)
- plaströr av PVC
- stålrör, galvaniserade eller rostfria.

Vid materialvalet är det viktigt att tänka på vilka tester som skall utföras. Om t ex ett stålrör används utesluts vissa metallanalyser (Naturvårdsverket, 2002). De olika rörens egenskaper leder till att de passar för olika situationer och för olika analysmetoder. HDPE-rör är en god kompromiss om både organiska och oorganiska ämnen skall analyseras (Svenska geotekniska föreningen, 2001).

Under provtagningen skall all information dokumenteras noggrant, t ex grundvattenrörets beteckning, datum, installationsmetod, information om röret och dess filter, grundvattenytan och avståndet från rörets topp till markytan.



***Figur 3.** Grundvattenrör vid Skrotgården i Malmberget (objekt 15). På bilden syns även grundvattenprovtagare och en av de glasflaskorna som användes vid transport.*

2.5 Analyser

Vilka parametrar som analyseras väljs mot bakgrund av insamlad information, antingen de är kända eller misstänkta föroreningar. Ett sätt att undersöka okända föroreningar är att använda screeningsanalyser. För att få snabb information om förekomst av förorening kan fältanalyser användas. Denna information kan även användas för att välja ut prover som ska analyseras vidare på ett laboratorium. Att använda fältanalyser är också ett bra sätt att analysera instabila föroreningar.

Fältanalyser används ofta som en del av den miljötekniska markundersökningen, för att få en översiktlig bild av en förorening eller för att snabbt kunna kartera ett område. De används också ofta vid efterbehandlingsarbeten där snabba analysvar krävs. Fältanalyser ersätter ej laboratorieanalyser och måste därför kompletteras med andra analysmetoder.

Det finns ett antal analysmetoder som kan användas i fält, i detta avsnitt tas två av dem upp fotojonisationsdetektor (PID) och portabel röntgenfluorescensspektrometer (XRF). PID användes i denna undersökning för screening av organiska föroreningar i jordproverna, medan XRF användes för att få en överblick av metallhalter. Generellt är fördelen med fältanalyser att många analyser kan utföras under kort tid. Nackdelarna är framförallt mindre bra noggrannhet och resultaten kan påverkas av temperaturförhållanden, fukt och damm.

2.5.1 Fotojonisationsdetektor

PID används för områden som är förorenade av petroleumprodukter, lösningsmedel eller flyktiga joniserbara föreningar och mäter mängden gas i markporerna (Naturvårdsverket, 2002). En detaljerad teknisk beskrivning av metoden finns på internet (Duotec, 2004). Vanligen sker mätningarna i upptagna jordprov i burkar eller diffusionstäta plastpåsar där luften ovanför provet analyseras.

Genom att mäta innehållet i gaser som finns i marken kan indikationer fås angående förekomsten av VOC i marken och en bild av utbredningen. PID-mätningar används för att karakterisera omfattande provmaterial eftersom metoden är enkel och snabb. Analysmetoden har dock begränsningar eftersom det inte är möjligt att erhålla vare sig kvantitativa eller kvalitativa bedömningar av en förorening om denna inte är känd (Naturvårdsverket, 2002). För att få en exakt mätning måste utrustningen kalibreras för den specifika gasen.

PID instrumentet är också känsligt för fukt och kan vid hög fuktighet försämrats med upp till 30% jämfört med torr luft. De gaser som inte joniseras av lampan kan ge problem eftersom de gör att instrumentet ger halter som är lägre än de verkliga. Vattenånga, koldioxid, metan och kolmonoxid är exempel på sådana gaser. Därför bör man alltid nollställa instrumentet i samma förhållanden som där mätningen sedan utförs.

2.5.1 Portabel röntgenfluorescensspektrometer

XRF används för metallanalyser på jord. Analysen går till så att radioaktiv strålning sänds mot provet och olika atomspecifika energier (fluorescens) återkastas (Amptek, 2004). Dessa energier registreras och intensiteterna omvandlas till halter i mg/kg av respektive analyserat grundämne. Resultatet anger totalhalten av grundämnet, alltså även själva jordpartiklarnas innehåll av ämnet. Trots att halterna anges med exakta värden, skall de betraktas som indikationer. Det finns en stor osäkerhet i resultaten.

Resultatet från en fält-XRF påverkas av bl a jordart och fukthalt. Detta innebär att XRF fungerar bäst på torkade finkorniga jordar. XRF analyser skall kompletteras med laboratorie-

analyser för att få en platsspecifik kalibrering, vilket minskar osäkerheten. Denna kalibrering skall inte enbart göras med höga värden utan hela haltintervallet måste jämföras med laboratorieanalyser. (Svenska geotekniska föreningen, 2001)

2.6 Riktvärden

Vid bedömning av risker med förorenade områden är målet att identifiera och kvantifiera risker för både människa och miljö. Naturvårdsverket (1996) har delat upp ambitionsnivån och säkerheten av bedömningen i tre nivåer: riskklassning, förenklad riskbedömning och fördjupad riskbedömning. Alla tre nivåer bygger på en sammanvägning av föroreningarnas farlighet, föroreningsnivå, utbredning/spridningsförutsättningar och miljöns känslighet-/skyddsvärde.

För att kunna bedöma risker på ett objekt utarbetade Naturvårdsverket generella riktvärden, som främst är till för bedömning av riskklassning och förenklad riskbedömning (tabell 3). De är tänkta att användas vid bedömningen av föroreningsnivån på objekten och vid beslut angående behovet av åtgärder. Naturvårdsverket har utarbetat 36 generella riktvärden för organiska och oorganiska ämnen som är anpassade till svenska förhållanden vad gäller exponering, geologi, hydrologi och känslighet (Naturvårdsverket, 1997). Dessa riktvärden är utarbetade för att gälla många objekt i Sverige men inte alla. I de fallen där förhållandena på objektet är sådana att de generella riktvärdena inte kan användas bör ett platsspecifikt riktvärde beräknas (Naturvårdsverket, 1996). För att underlätta bedömningen av möjligheten att använda de generella riktvärdena finns ett särskilt frågeformulär (bilaga 7).

Tabell 2. Riktvärden för förorenade bensinstationer. De angivna halterna gäller för användningsområdet MKM, och har angivits i enheten: mg/kg TS (Naturvårdsverket, 1998c). Tabellen visar ett urval av Naturvårdsverkets riktvärden, som är baserat på förväntade föreningar på LKAB:s industriområden.

Ämne	Djup		
	0-0,7 m	0,7-2 m	över 2 m
Alifater C5-C16	500	500	500
Alifater C17-C35	1000	1000	1000
Summa canc PAH	8	40	40
Summa övriga PAH	40	40	40

Tabell 4. Riktvärden för förorenat grundvatten (Naturvårdsverket, 1998c). Enhet: mg/l. Tabellen visar ett urval av Naturvårdsverkets riktvärden, urvalet baseras på förväntade föreningar på LKAB:s industriområden.

Ämne	Riktvärde
Opolära alifatiska kolväten	0,1
Tot. extraherbara aromater	0,1
Summa canc PAH	0,0002
Summa övriga PAH	0,01
Bly	0,01

Tabell 3. Generella riktvärden för metaller. Halterna gäller för användningsområdet MKM och är angivna i enheten: mg/kg TS. (Naturvårdsverket, 1997) Tabellen är ett urval av samtliga riktvärden, urvalet är baserat på förväntade föroreningar på LKAB:s industriområden

Ämne	Riktvärde	
	Humantox	Ekotox
Arsenik	15	40
Bly	5 000	300
Kadmium	200	12
Kobolt	3 000	250
Koppar	Ej begränsat	200
Krom	Ej begränsat	250
Kviksilver	7	10
Nickel	450	200
Vanadin	13 000	200
Zink	Ej begränsat	700

Naturvårdsverket utarbetade riktvärden för tre typer av markanvändning:

- Känslig markanvändning (KM), innebär att markkvaliteten inte begränsar val av markanvändning och grundvattnet skyddas. Marken kan användas till bostäder, daghem och odling. Exponerade grupper antas vara barn, vuxna och äldre som är permanent bosatta på området under sin livstid.
- Mindre känslig markanvändning med grundvattenuttag (MKM GV), innebär att markkvaliteten begränsar markanvändning men att grundvattnet skyddas. Användningsområden kan vara kontor, industrier eller vägar. Grundvattenuttag kan göras en bit från föroreningen. Exponerade grupper antas vara: personer som befinner sig på området under sin yrkesverksamma tid, samt äldre och barn som vistas där tillfälligt.
- Mindre känslig markanvändning (MKM) har samma begränsningar vad gäller användning som ovan men inget uttag av grundvatten kan göras.

Bland de ämnen som fått ett generellt riktvärde ingår inte olja. Det finns dock branschspecifika riktvärden som är speciellt framtagna för bensinstationer (Naturvårdsverket, 1998c). Dessa riktvärden är främst framtagna för att täcka in de ämnen som finns i bensin och diesel, de ämnen som antas utgöra de största riskerna på bensinstationer (tabell 2 och tabell 4).

2.6.1 Modell

De generella riktvärdena enligt Naturvårdsverket (1996) har räknats fram genom att använda en modell som är baserad på metoder och modeller från andra länder, framförallt Nederländerna, USA, Kanada och Danmark. Den svenska modellen som utvecklats kräver följande information om de förorenande ämnena:

- fysikaliska och kemiska data som är av betydelse för beräkning av fastläggning och spridning
- data som rör utspädning i grundvatten, ytvatten och inomhusluft
- data för att kunna kvantifiera exponering via exponeringsvägarna
- human- och ekotoxikologiska data.

De parametervärden som använts för att kunna beräkna fördelning och transport av ämnena är anpassade efter svenska förhållanden (tabell 5). Det finns dock många osäkerheter och värdena har valts med försiktighet (Naturvårdsverket, 1996). För att kunna göra dessa beräkningar har en del grundläggande antaganden gjorts:

- koncentrationen av ämnet antas vara konstant med tiden
- fördelningen av ämnet mellan partiklar, markvatten/porvatten och porluft antas vara i jämvikt
- fördelningen av ämnet mellan markpartiklar och marklösning antas ha en linjär jämvikt, med avseende på ämnets koncentration, och styrs av faktorn K_d
- för metaller och andra oorganiska föreningar används empiriska K_d -värden, värdena valdes för pH-intervallet 5 till 7
- för organiska ämnen är K_d -värdet beroende av halten organiskt material, som antas vara 2 vikt-%
- fördelningen av ämnet mellan marklösning och markatmosfären uppskattas med hjälp av Henrys konstant. (Naturvårdsverket, 1997)

För människor undersöks fyra till sju exponeringsvägar och för varje exponeringsväg beräknas ett värde som inte ger några oönskade effekter. Vilka av vägarna som analyseras

beror på markanvändningen (tabell 6). Värdena som beräknats vägs sedan samman till ett riktvärde.

De ekotoxikologiska riktvärdena beräknas för alla tre typer av markanvändning, men värdena för MKM GV och MKM tillåter dubbelt så höga koncentrationer av föroreningarna som för KM. I beräkningarna tas hänsyn till två miljöeffekter:

- Flora, fauna och mikroorganismer inom det förorenade markområdet, en föroreningsnivå som inte allvarligt stör markens ekologiska funktioner.
- Effekter på det akvatiska livet i ett närläget ytvatten, en föroreningsnivå som inte allvarligt stör populationen av sötvattensorganismer.

Det lägsta värdet av beräkningarna från det humantoxikologiska och ekotoxikologiska riktvärdena används sedan i första hand när man bestämmer det generella riktvärdet. Sedan finns det vissa faktorer som kan justera detta värde upp eller ner. Ett exempel är att områden klassade som MKM där riktvärdet ska skydda barn som vid enstaka tillfällen får i sig upp till 5 gram förorenad jord. Riktvärdet satt i detta fall så lågt att barn ej ska få skador om den får i sig 5 gram av jord som är förorenad av akuttoxiska ämnen. Man har i bedömningen även tagit hänsyn till bakgrundshalterna, vilket innebär att inget riktvärde har satts lägre än 90-percentilen av bakgrundshalter som uppmätts på landsbygd (Naturvårdsverket, 1997).

Tabell 5. För svenska förhållanden anpassade parametervärden som används i modellen vid beräkning av generella riktvärden (Naturvårdsverket, 1996).

Parameter	Värde i modellen
Halt organiskt kol i jorden	2 %
Markens pH	5-7
Utspädning porvatten / grundvatten KM	1 / 15
Utspädning porvatten / grundvatten MKM GV	1 / 30
Utspädning grundvatten / ytvatten	1 / 4000
Förorenade jord i uteluft	40 µg/m ³

Tabell 6. Exponeringsvägar för de olika markanvändningsområdena (Naturvårdsverket, 1996).

Exponeringsväg	KM	MKM GV	MKM
Människor			
Intag av jord	X	X	X
Hudkontakt	X	X	X
Inandning av damm	X	X	X
Inandning av ångor	X	X	X
Intag av grundvatten	X	X	
Intag av grönsaker	X		
Intag av fisk	X		
Miljön			
Effekter inom området	X	X	X
Effekter i ytvattenrecipient	X	X	X

Vid beräkning av riktvärden för spridning av alifater, aromater, BTEX, PAH och fem tillsatser till bensin används samma modell som för de generella riktvärdena, men en vidare utvecklad version. Tillskillnad från modellen som beräknar de generella tar denna modell hänsyn till jordart, hur djupt ner i profilen föroreningen ligger, transport av ångor till inomhusluft, modifiering av modellen vid beräkning av utspädning till brunnar samt ytterligare två markanvändningar: områden med högt skydd för miljön (t ex parker, grönområden, skogsmark) som går under benämningen park samt områden där miljön inte behöver ett lika högt skydd (t ex områden i anslutning till motorvägar) och klassas som mark med litet utnyttjande (MLU). (Naturvårdsverket, 1998c).

2. 7 Lagstiftning och tillstånd

Sveriges första samlade miljölagstiftning, Miljöbalken, trädde i kraft den 1 januari 1999. Syftet med miljöbalken är att nuvarande och kommande generationer ska få en hälsosam och god miljö genom en hållbar utveckling. Kapitel 10 i Miljöbalken behandlar förorenade områden som är så förorenade att de kan medföra skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljö och klargör ansvaret för efterbehandling. Förutom i kapitel 10 finns även regler

som berör förorenade områden i avd 1, 2, 4, 5, 6 och 7. Till förorenade områden hör mark- och vattenområden samt byggnader och anläggningar. I princip bygger reglerna på att förorenaren skall betala. Ansvaret för efterbehandling av förorenade områden har den som bedriver eller har bedrivit en verksamhet eller vidtagit en åtgärd som har bidragit till föroreningen på platsen.

Andra regler gäller dock om den miljöfarliga verksamheten har upphört före den 1 juli 1969. Om verksamheten har upphört kan utövaren inte hållas ansvarig för efterbehandlingen om inte efterbehandlingen föreskrivits i tillståndet i enlighet med t ex vattenlagen. Ett undantag till detta finns och gäller ”förvaringsfallen”, detta innebär att en fastighetsägare som förvarar avfall eller kemikalier på sin fastighet betraktas som verksamhetsutövare även om verksamheten som gett upphov till avfallet redan har avslutats. Till det som bedömt som pågående miljöfarlig verksamhet räknas avfallshögar, gruvhögar och tunnor med kemikalier, men inte förorenad mark eller sediment. (Naturvårdsverket, 2003)

Vid åtgärder i samband med efterbehandling krävs i vissa fall ett tillstånd eller anmälan, t ex för mellanlagring, behandling och deponering av förorenad jord, samt utsläpp av förorenat vatten. Om jord klassas som farligt avfall får det endast transporteras, mellanlagras, behandlas och slutligt omhändertas av den som har ett särskilt tillstånd utfärdat av länsstyrelsen. Tillstånd behövs också från länsstyrelsen om det förorenade området ligger i områden med fornlämningar. (Naturvårdsverket, 2004)

Om saneringsåtgärder ska utföras i vattenområden (t ex ändrade vattenförhållandena genom omläggning av vattendrag, eller avlägsna sediment genom muddring) krävs tillstånd enligt vattenlagen. För att genomföra ändringar såsom att uppföra och riva byggnader eller anlägga dräneringssystem, schakta, göra fyllningar etc. kan det krävas tillstånd enligt plan- och bygglagen. Och för att få avleda ett tidigare förorenat grund- eller ytvatten som efterbehandlats krävs en överenskommelse med mottagaren. Exempelvis krävs en överenskommelse med huvudmannen för avloppsfrågor inom kommunen om vattnet leds till det kommunala spillvattennätet. (Naturvårdsverket, 1998d)

3. Material och metoder

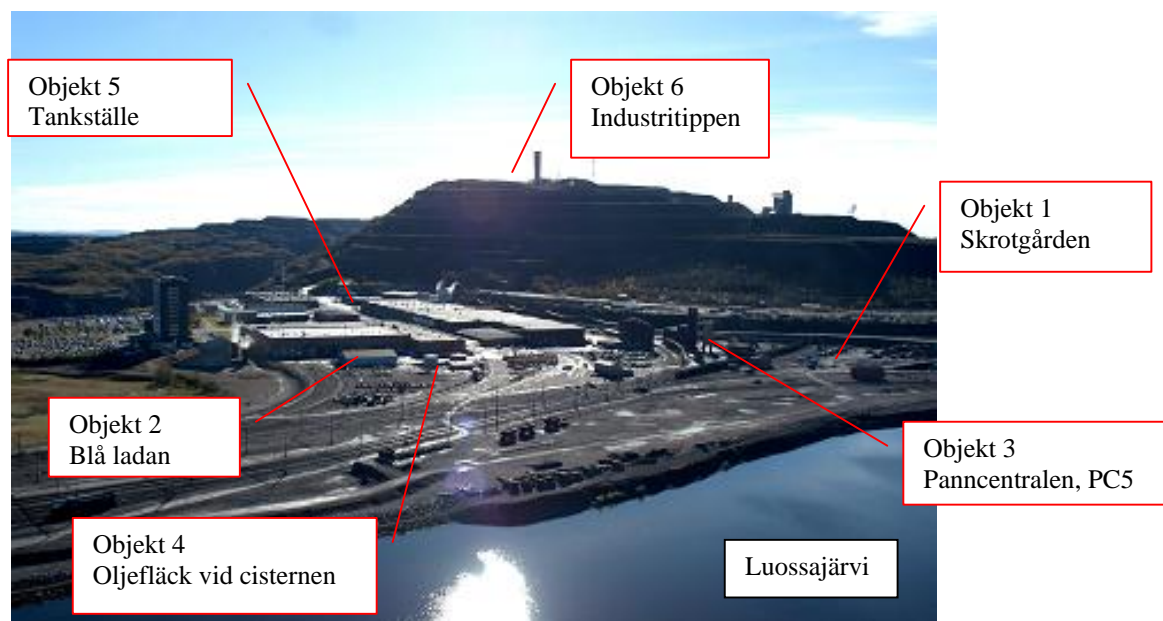
LKAB hade redan genomfört MIFO Fas 1 och kommit långt i dokumentationen av objekten. Sexton objekt, fördelade på de tre orterna (sex i Kiruna och fem i vardera Svappavaara och Malmberget), prioriterades för vidare undersökning i MIFO Fas 2. I detta arbete har vi kontrollerat informationen för dessa objekt. Främst innebar denna kontroll en noggrannare beräkning av objektens areor och positionsbestämning med hjälp av GPS (Garmin 12XL). Nedan finns en beskrivning av användningsområde, historik, area och närmaste recipient för de 16 objekten som prioriterades till MIFO Fas 2. Beskrivningarna bygger på information från platsbesök, en intern databas på LKAB och muntliga uppgifter från personer som arbetar eller har arbetat på de olika platserna.

Beteckningen ”fyllnadsmassor” innebär för de prioriterade objekten gråberg (alla mineraler som ej är järnmalm) som krossats under malmutvinningsprocessen, om inte annat anges.

3.1 Prioriterade objekt

3.1.1 Kiruna

Objekt nummer 1 till och med nummer 6 är belägna på LKAB:s industriområde i Kiruna (figur 4). Industriområde är inhägnat och huvudavrinningsområdet är Torneälv. Inom området finns ingen naturlig grundvattennivå eftersom det sker en dränering på grund av gruvdriften. Grundvattnet pumpas upp och används sedan i malmförädlingsprocessen.



Figur 4. Bild över LKAB:s industriområde i Kiruna. Objekt 1 till 6 är markerade.

Objekt 1 Skrotgården

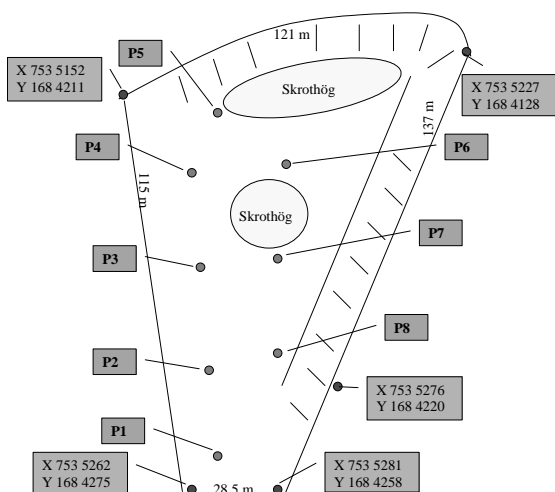
Area: ca 8000 m².

Koordinater: X 753 5276 Y 168 4220

Skrotgården har använts under 50 år och är fortfarande i drift (figur 5 och 6). Objektet används för att lagra järnskrot, batterier, oljefat, cement mm., ca 2600 ton skrot passerar området per år. Objektet är idag inhägnat, men har inte alltid varit det och eventuellt har även utomstående lämnat skrot på området (muntliga uppgifter Hans-Åke Kleemo). Föroreningar som oljor, fetter, tungmetaller och batterisyra kan tänkas finnas på platsen.



Figur 5. Bild över en del av Skrotgården (objekt 1).



Figur 6. Skiss över Skrotgården (objekt 1). Provpunkterna P1 – P8 är utmärkta med punkter. Punkternas koordinater redovisas i bilag1. Det streckade området visar vart det finns en slänt.

Avstånd till närmaste recipient, Luossajärvi, är ca 100 m, sedimentprover från sjön visar dock ej på spridning från objektet (muntliga uppgifter Tina Hedlund). Marken består av genomsläppliga jordarter och överst ligger fyllnadsmassor. Fyllnadsmassor har körts dit och spridits ut på marken i flera omgångar (muntliga uppgifter Hans-Åke Kleemo). På objektet finns ingen vegetation och längs med delar av områdets yttre kant finns en vall.

Objekt 2 Blå ladan

Area: ca 350 m².

Koordinater: X 753 5352 Y 168 4535

I Blå ladan sker mellanlagring av lysrör samt diverse oljor och fetter (figur 7). Området har varit i drift sedan 1992. All lagring skall ske i ladan, men lagring har även skett utanför byggnaden. Runt byggnaden finns bråte och spillfläckar (lukt av olja). Förväntade föroreningar är främst spillolja och fetter, men även kvicksilver.

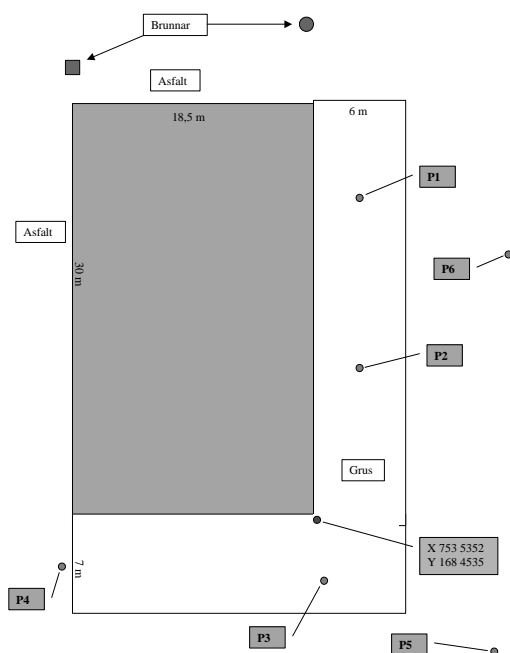
Närmaste recipient är Luossajärvi ca 150 m bort. Marken består av måttligt genomsläppliga jordarter och överst ligger fyllnadsmaterial som körts dit i flera omgångar. Längs ena långsidan och kortsidan är det asfalterat och där finns även en dagvattenbrunn (figur 9). På objektet finns ingen vegetation.



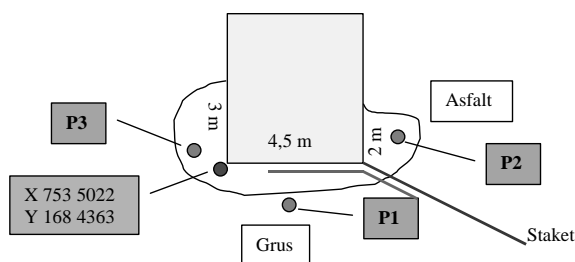
Figur 7. Bild på delar av Blå ladan (objekt 2). På bildens högra sida ses en tratt som används för spillolja.



Figur 8. Panncentralen PC 5 (objekt 3). Runt byggnaden finns mörka oljefläckar.



Figur 9. Skissen föreställer Blå ladan (objekt 2). Det gråa området representerar ladan och det vita fältet till höger och nedan för detta är objektet. Provpunkterna är numrerade från P1 – P6, där P5 och P6 ligger utanför området för att ge indikationer om de höga halterna på objektet även finns utanför området. Punkternas koordinater redovisas i bilaga 2.



Figur 10. Oljefläcken vid Panncentralen PC 5 (objekt 3), ligger tätt intill byggnaden. Provpunkterna P1-P3 är utmärkta med punkter och deras koordinater redovisas i bilaga 2. Det ljusare strecket visar ungefär vart högspänningskabeln går. På grund av kabeln fick provpunkten P1 justeras något och flyttas ut från väggen.

Objekt 3 Panncentralen PC 5

Area: 25 m².

Koordinater: X 753 5022 Y168 4363

Anläggningen har varit i drift i ca 30 år. Tidigare brändes spillolja i anläggningen och senare förvarades den utanför PC 5 innan vidare transport (figur 8). Idag lyfts spilloljan in i byggnaden direkt vid ankomst. Spill av olja syns längs tre väggar på byggnaden; ett ganska stort sammanhängande område och flera mindre områden runt omkring (figur 10).

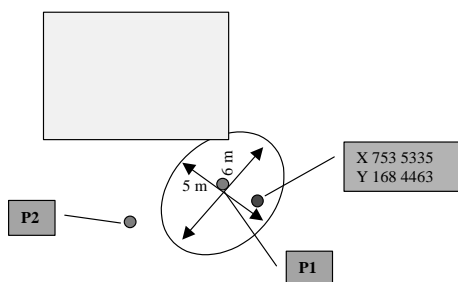
PC5 är beläget ca 150 m från Luossajärvi. Marken består av genomsläppliga jordarter och fyllnadsmassor. Större delen av området är täckt av grus, men ett mindre område är asfalterat. På objektet finns viss vegetation men ej täckande.

Objekt 4 Oljefläck vid cisternen

Area: 30 m².

Koordinater: X 753 5335 Y 168 4463

Cisternen är i drift och har varit det i 40 år. Oljecisternerna är belägna nära Blå ladan och järnvägsspåret. I cisternen förvaras olja. Mellan spåret och en liten byggnad bredvid oljecisternerna syns en stor mörk fläck på marken som luktar olja (figur 11 och 12). Närmaste recipient är Luossajärvi 100 m bort. Marken består av genomsläppliga jordarter och överst finns ett lager av fyllnadsmassor. Byggnad finns vid objektet, men ingen vegetation.



Figur 11. Skiss över Oljefläck vid cisternen (objekt 4). Provpunkterna P1 och P2 är markerade med punkter. Punkternas koordinater finns redovisade i bilaga 2. Provpunkt P1 placerades mitt i oljefläcken medan P2 finns en bit ifrån.



Figur 12. Bild på oljefläcken vid cisternen (objekt 4).

Objekt 5 Tankställe vid manskapshuset och bussgaraget

Area: 15 m².

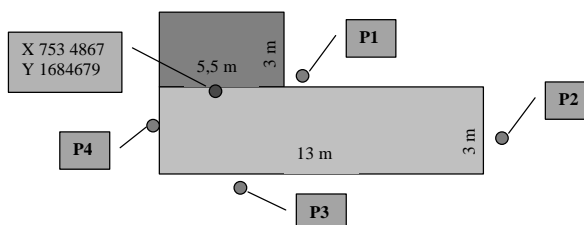
Koordinater: X 753 4867 Y 168 4679

Tankstället är beläget mellan manskapshuset och bussgaraget och fungerar som tankplats för LKAB:s dieselfordon (figur 13). Objektet har varit i drift i ungefär 45 år och pumpen har troligtvis funnits på samma plats under hela tiden.

Luossajärvi är beläget ca 800 m från området. Tidigare var området runt tankplatsen enbart täckt med grus, nu är ytan direkt under pumpen cementbelagd och runt området är det asfalterat (muntliga uppgifter Rune Skarpsvärd) (figur 14). Marken består av måttligt genomsläppliga jordarter och på objektet finns ingen vegetation.



Figur 13. Nedanför pumpen på Tankställe vid M-huset och bussgaraget (objekt 5) finns en cementplatta och runt objektet är marken asfalterad.



Figur 14. På skissen över Tankställe vid M-huset och bussgaraget (objekt 5), representerar det mörkare området pump och byggnad, det lite ljusare området består av en cementplatta. Runt de färgade områdena är marken asfalterad. Provpunkterna P1-P4 är markerade med punkter. Punkternas koordinater redovisas i bilaga 2.

Objekt 6 Industritippen (Gamla soptippen)

Områdets längd: ca 1,5 km långt

Koordinater: X 753 0520 Y 168 4684

Industritippen öppnades 1964, och täcker ett väldigt stort område, både till arean och på höjden (figur 15). Största delen ligger bakom en vägbom inne på Kimits område på baksidan av gruvan. Troliga föroreningar: däck, asbest, oljor (hydraul-, spill-, transformator- etc.), elledningar, rullar (metall och gummi), kvicksilver och andra tungmetaller, fordon, galvaniserade föremål och kompost.

När industritippen öppnades 1964 ingick förbränning som del av avfallsbehandlingen, detta skedde ända fram tills det blev förbjudet. Efter att förbränning förbjöds utbröt en stor brand och det tog nästan 24 timmar av skytteltrafik med lastbilar för att täcka över med gråberg för att på det sättet begränsa branden, men även efter att man fått kontroll över den öppna elden fortsatte det att glöda under massorna och rök fortsatte att komma från tippen under närmare ett halvår (muntliga uppgifter Hans-Åke Kleemo). Tippen används inte längre och täcktes över med gråberg runt år 2000. Nu pågår arbete med att sprida ut rötslam för att gröngöra tippen (muntliga uppgifter Sigurd Pekkari).



Figur 15. Bilden visar endast en liten del av den stora industritippen (objekt 6).

3.1.2 Svappavaara

På LKAB:s industriområde i Svappavaara finns objekt nummer 7 till och med objekt nummer 11 (figur 16). Även industriområdet i Svappavaara är inhägnat och huvudavrinningsområdet är Torneälv. Grundvattnet på detta industriområde dräneras troligtvis främst till det stängda dagbrottet.






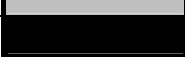




Figur 16. LKAB:s industriområde i Svappavaara med objekten 7 till 11 markerade.

Objekt 7 Oljegropar på jordtippen

Area: de enskilda groparna har en area på ca 15 m². Koordinater: X 751 3631 Y 172 2273
Objektet ligger på en jordtipp, ett stort område som ligger högt över den ursprungliga markytan och har varit i drift sedan 1964. Föroreningarna bedöms främst vara oljerester från Malmberget och Svappavaara (muntliga uppgifter Evert Stålnacke). Denna spillolja grävdes ner i stora gropar som började grävas i slutet av 70-talet (årtalet 1979 är det tidigaste av årtalen som går att utläsa från skyltar på platsen) och avslutades 1983 (sista groparna grävdes troligtvis under 1982). Det är osäkert hur stora mängder det rör sig om, men de förorenade massorna beräknas vara någonstans mellan 100 och 150 m³.

De enskilda groparna är kilformade med en area på ca 3×5 m² och gropen på det djupaste stället ca 1,5 m djup. När groparna fylldes igen placerades fyra olika material i en specifik ordningsföljd och med en bestämd lagertjocklek (10 eller 15 cm); rötslam, sågspån, olja och sand (figur 17). Tanken bakom detta upplägg var att främja biologisk nedbrytning och bildning av matjord. (Muntliga uppgifter Evert Stålnacke)

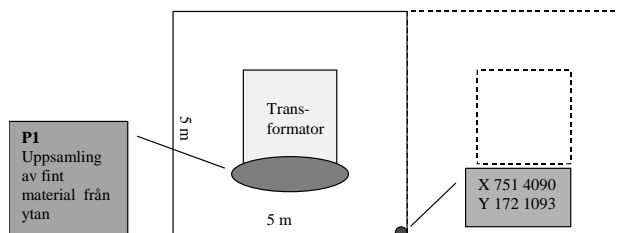
Rötslam	15 cm	
Sågspån	10 cm	
Olja	15 cm	
Sand	10 cm	
Rötslam	15 cm	
Sågspån	10 cm	
Olja	15 cm	
Sand	10 cm	

Figur 17. Ordningsföljd och tjocklek på lagren av de olika material som grävdes ner i oljegroparna i Svappavaara.

På området finns samma vegetation som i omgivningen, fjällbjörk, vide och andra snårväxter. Dock kan de flesta oljegropar urskiljas eftersom vegetationen normalt inte är lika hög på groparna som runt om, och från vissa gropar har olja trängt upp.



Figur 18. Bild av transformatorn på objekt 8, området är delvis inbyggt (tak och tre väggar).



Figur 19. Skiss över Transformatorplats (objekt 8). Det mörka ovala området visar vart fint material samlades ihop för analys.

Objekt 8 Transformatorplats

Area: 25m². Koordinater: X 751 4090 Y 172 1093

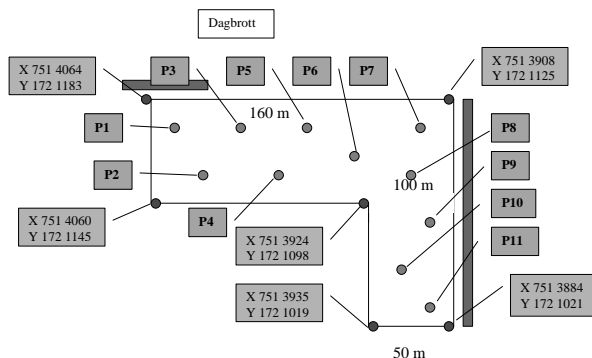
Platsen har använts sedan 1964. Olja som möjligtvis innehållit PCB har läckt ut, men i vilka mängder är okänt (muntliga uppgifter Sture Ringholt). Området är delvis inbyggt med tre väggar och tak, där transformatorn står i mitten (figur 18 och 19). Normaltäta jordarter, överst

ligger ett lager makadam. Närmaste recipient är dagbrottet. På själva objektet finns ingen vegetation, men runt området finns en gräsmatta.

Objekt 9 F d Maskinskrotningsplats

Area: ca 8000 m². Koordinater: X 751 3924 Y 172 1098

Verksamhet bedrevs på platsen mellan åren 1964 och 1984. På området har diverse gruvmaskiner skrotats och föroreningar i form av tungmetaller, olja, fetter, lösningsmedel mm finns troligen på platsen (figur 20).



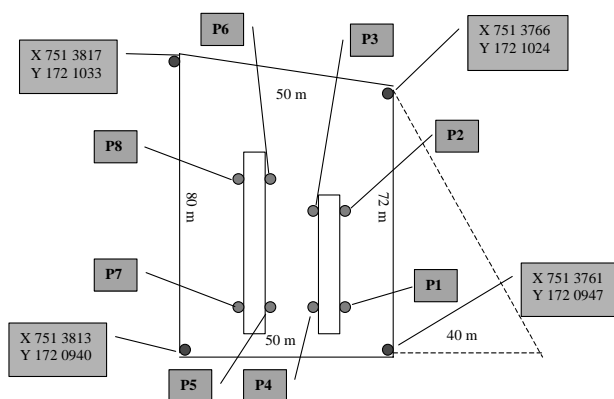
Figur 20. Skiss över F d Maskinskrotningsplats (objekt 9). Provpunkterna P1-P11 är utmärkta med punkter. Punkternas koordinater är redovisade i bilaga 2.

Marken beskrivs som måttligt genomsläpplig och det sker troligen en uppsamling av dräneringsvatten i dagbrottet som ligger precis nedanför objektet. Delar av området är asfalterade och hela området saknar vegetation.

Objekt 10 Transformatorupplag samt plats för demontage av elkranar

Area: ca 4000 m². Koordinater: X 751 3813 Y 172 0940

Platsen är och har varit i drift sedan 1964. Här hanteras delar till transformatorer, och förväntade föroreningar är transformatorolja och spillolja. På området finns träbyggnationer (avlastningsbryggor) (figur 21).



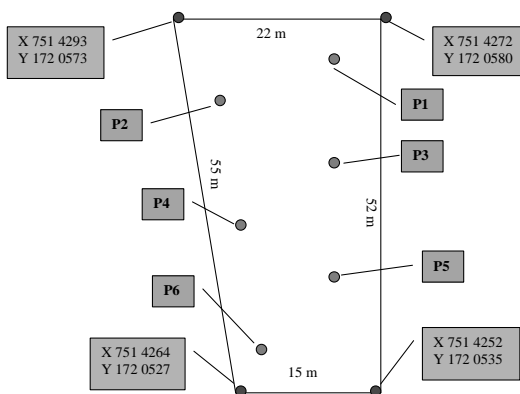
Figur 21. Skiss över Transformatorupplag samt plats för demontering av elkranar (objekt 10). Provpunkterna P1 – P8 placerades tätt intill träbryggorna där transformator-delarna lagras. Punkternas koordinaterna finns redovisade i bilaga 2.

Jordarterna beskrivs som normaltäta och markytan består av ett lager grus. Närmaste recipient är dagbrottet och på objektet finns ingen vegetation.

Objekt 11 F d spillfett- och oljeupplag

Area: 1000 m². Koordinater: X 751 4293 Y 172 0573

Objektet har fungerat som mellanlagring av spillfetter och oljor, och dessa föroreningar kan finnas i marken (figur 22). Det har varit i drift sedan 1964, men har nu avslutats. Då objektet avslutades schaktades ytlagret (ca 2 dm) bort och ett nytt lager med sten/grus spreds ut på platsen. På objektet finns ingen vegetation och området har måttligt genomsläppliga jordarter.



Figur 22. Skiss över F d spillfett- och oljeupplag (objekt 11). Provpunkterna P1 – P6 finns markerade med punkter. Punkternas koordinater finns redovisade i bilaga 2.

3.1.3 Malmberget

I Malmberget är objekt nummer 12 till och med 16 belägna på LKAB:s industriområde (figur 23). Området är inhägnat och huvudavrinningsområdet är Kalixälv. Hur de hydrologiska förhållandena på industriområdet i Malmberget ser ut är mer osäkert. Det finns möjlighet att dränering till gruvan sker på de övre delarna av sluttningen, men för objekten längre ner är det mest troligt att grundvattnet rinner ner mot närmaste recipient, Lina älv.



Figur 23. LKAB:s industriområde i Malmberget. Objekt 12 till 16 finns markerade på bilden.

Objekt 12 KCK

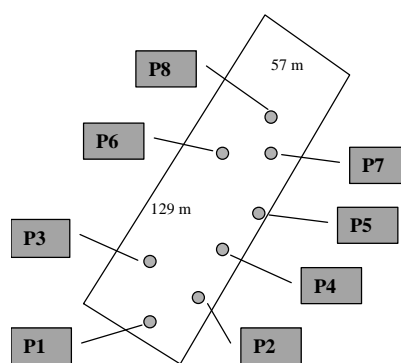
Area: 3000 m².

Koordinater: X 746 4173 Y 171 2218

KCK ligger vid bangården i Malmberget (figur 24 och 25). Här har olja, fetter och annat lagrats sedan 1960-talet (muntliga uppgifter Inge Karlsson). Numera lagras det mesta i en lada bredvid området (jfr Blå ladan i Kiruna (objekt 2)). Oljefat står dock fortfarande fritt på marken och stora oljefläckar syns på hela området. Åtgärder planeras för objektet och sanering skall enligt dessa planer påbörjas under sommaren 2006 (muntliga uppgifter Pia Lindholm).



Figur 24. Bilden visar två byggnader som står på KCK (objekt 12), samt oljefat som mellanlagras på marken.



Figur 25. Skiss över KCK (objekt 12). Provpunkterna P1-P8 är markerade med punkter. Punkternas koordinater är redovisade i bilaga 2.

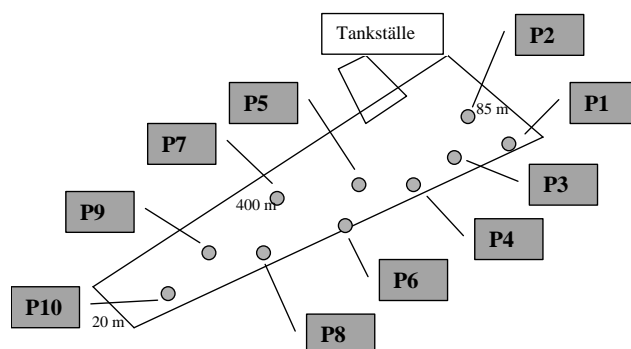
Objektet är täckt av fyllnadsmaterial och en stor gråbergshög finns längs ena långsidan. På objektet finns ingen vegetation och närmaste recipient är Lina älv.

Objekt 13 F d skrotuppsamlingsplats

Area: 9000 m². Koordinater: X 746 3680 Y 171 2495

Området har tidigare använts som skrotuppsamlingsplats (figur 26 och 27), det används inte i samma utsträckning längre men skrot finns fortfarande kvar på området. Vid ena långsidan finns en brant mot en väg och längs andra långsidan finns en brant ned mot bangården och KCK. Förväntade föroreningar är främst olja och tungmetaller.

Markytan består av ett lager fyllnadsmaterial, och vegetation saknas. Lina älv är objektets närmaste recipient.



Figur 26. Skiss över F d Skrotuppsamlingsplats (objekt 13). Provpunkterna P1 – P10 finns utmarkerade med punkter. Punkternas koordinater är redovisade i bilaga 2. Med på skissen finns även Nuvarande tankställe (objekt 14).

Objekt 14 Nuvarande tankplats

Area: 900 m². Koordinater: X 746 3787 Y 171 2349

Tankplatsen är i bruk och har varit det sedan 1970 (muntliga uppgifter Inge Karlsson) (figur 27). Tankplatsen ligger på den ena långsidan av den före detta skrotuppsamlingsplatsen (objekt 13). Här tankas alla LKAB:s dieselfordon och tydliga spill syns på marken, det finns även en stark diesellukt.

Objektet är delvis grusbelagt, men stora delar är asfalterade eller cementerade. Vegetation saknas och närmaste recipient är Lina älv.



Figur 27. På bilden syns Nuvarande tankplats (objekt 14) och i bakgrunden finns F d skrotuppsamlingsplats (objekt 13).

Objekt 15 Skrotgården

Area: 9000 m².

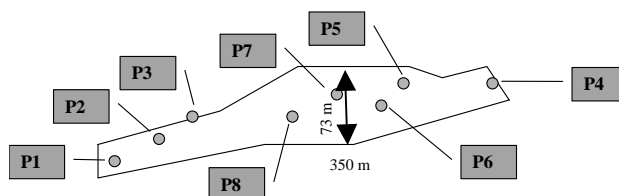
Koordinater: X 746 3338 Y 171 2848

Två intilliggande områden bildar tillsammans skrotgården (figur 28 och 29). Där lagras alla typer av skrot; kablar, fordonsdelar, oljefat mm. Förväntade föroreningar är oljor, fetter, tungmetaller och batterisyra. Skrotgården är och har varit i bruk sedan början av 1970-talet (muntliga uppgifter Inge Karlsson).

Längs en av skrotgårdens gränser ligger en järnväg. Området är grusbelagt och vegetation saknas. Den närmaste recipienten är Lina älv.



Figur 28. På bilden ses Skrotgården (objekt 15). Inne bland träden på andra sidan järnvägsspåret placerades ett grundvattenrör ut.



Figur 29. Skiss över Skrotgården (objekt 15). Provpunkterna P1 – P8 finns markerade på skissen med punkter. Punkternas koordinater är redovisade i bilaga 2.

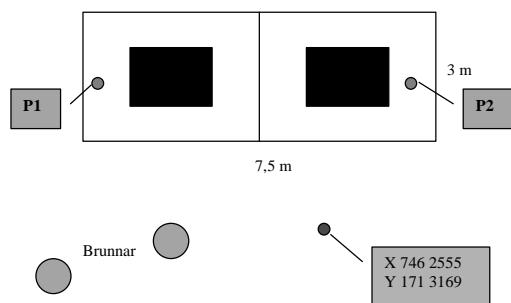
Objekt 16 Transformator vid borrarlipen

Area: 25 m².

Koordinater: X 746 2555 Y 171 3169

Två transformatorer finns inom ett mindre område (figur 30). Asfalt ligger på marken runt omkring och tak finns över transformatorerna. På marken under transformatorerna syns tydliga spår av olja, troligtvis transformatorolja, vilket innebär att PCB kan tänkas finnas på platsen. Nedgrävt under transformatorerna finns tankar som kan innehålla olja (muntliga uppgifter Inge Karlsson).

Vegetation saknas på området. Transformatorerna har varit i bruk sedan början av 1940-talet. Lina älv är objektets närmaste recipient.



Figur 30. Skiss över Transformator vid borrarlipen (objekt 16). På objektet finns två transformatorer och en provpunkt placerades vid varje, P1 respektive P2. Provpunkterna är markerade med punkter på skissen, deras koordinater är redovisade i bilaga 2.

3.2 Provtagning

Planeringen och provtagningen utfördes i samarbete med miljökonsulten Johan Hörnsten från företaget Mark Radon Miljö (MRM) i Luleå (MRM, 2004)

För att kunna kvalitetssäkra analyserna utfördes alla laboratorieanalyser, både för jord- och grundvattenprover (tabell 8 och 9), av Analytica i Luleå (Analytica, 2004). Analytica är ackrediterat av Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (SWEDAC) för sina metallanalyser, men de organiska ämnen analyseras genom ett samarbete med europeiska laboratorier, som i sin tur är ackrediterade av nationella ackrediteringssystem som accepteras av SWEDAC (Analytica, 2004). De organiska ämnena och analyspaketet Envipack analyserades av det tjeckiska företaget ECOCHEM och det holländska OMEGAM.

3.2.1 Provtagningsplan

En arbetsmiljöplan utarbetades för undersökningen, detta för att i möjligaste mån skydda personalen på plats och förebygga olyckor (bilaga 4). Genom att väga samman bakgrunds-informationen om objekten från MIFO Fas 1 och informationen om provtagningsmönster, provtagningsmedium, antalet provpunkter samt provtagningsmetod (kapitel 2.4.1, kapitel 2.4.2 och kapitel 2.4.3) planerades provtagningen för vart och ett av de 16 prioriterade objekten (tabell 7). I de fall där skruvborren kan ha problem att komma ner på djupet och forsla upp jordprover fanns även en moränborr att tillgå.

3.2.2 Utförande

Under provtagningen av de olika objekten noterades alla relevanta iakttagelser på i förväg iordningställda objekt- och provpunktsprotokoll (bilaga 5 och 6). Kommentarer på protokollen samt resultaten från PID-analyserna sammanställdes sedan för varje objekt i en tabell (bilaga 2). Förutom att notera GPS-koordinaterna för de enskilda provpunkterna markerades de även på objektskisser (kapitel 3.1).

Provtagningen utfördes i största möjliga mån enligt planeringen. För de objekt som skulle provtas med hjälp av en skruvborr användes en borrarbandvagn, GeoMaskin 75 (GM75), med en meter lång borrar.

Då grundvattenrören anlades förborrades hål med hjälp av skruvborr (GM75), sedan trycktes rören ned till önskat djup. De rör som användes bestod av PEH plast med en diameter på 63 mm. Rören var en till två meter långa och gängade, vilket innebar att de kunde skarvas till önskad längd. Den rördel som placerades vid grundvattenytan var filterförsedd för att vatten skulle kunna tränga in.

Provtagningen utfördes under en veckas tid, v 27 2004. Innan borrningen påbörjades markerades alla kablar och ledningar. För vissa innebar detta en viss justering av den planerade provpunkten, och för Nuvarande tankplats (objekt 14) innebar detta att provtagningen inte kunde äga rum överhuvudtaget eftersom kablar och ledningar löpte över hela området. Inte heller för Transformatorplatsen i Svappavaara (objekt 8) kunde provtagningen utföras enligt planerna p g a ett tjockt lager makadam som inte kunde penetreras. Istället togs ett ytprov från finkornigt material som hittades under transformatorn. Vid skrotgården i Kiruna (objekt 1) kunde inte de planerade grundvattenrören placeras ut, eftersom fyllnadsmaterialet var för grovt för att bormaskinen skulle komma ner med skruvborren. Detta innebar även att prover inte kunde tas på nivåer djupare än 1 m på detta objekt, eftersom jorden skakade bort från borsten på vägen upp.

3.2.3 Provhantering och analyser

Jordproverna som togs placerades i diffusionstäta påsar av plast och förvarades i sval temperatur. Efter att provtagningen avslutats för dagen användes ett PID-instrument (PhoCheck 100) för att mäta de flyktiga organiska ämnena i alla prover. Nålen på instrumentet penetrerade plasten och mätning gjordes på luften som fanns ovan provet. Avläsningen gjordes vid det högsta värdet som visades på displayen. Analyserna utfördes inomhus i ca 20 grader, detta för att minimera påverkan av temperaturförändringar, fukt och damm. Utifrån dessa mätningar valdes prover ut för oljeanalyser. Antalet oljeanalyser var bestämda i förväg för vart och ett av objekten (tabell 7) och de prover med de högsta värdena från PID mätningarna valdes ut för dessa.

XRF-analyser utfördes på prov enligt provtagningsplanen (tabell 7) på MRM:s laboratorium i Luleå med instrumentet NITON 700. Innan analys torkades proverna i 50 °C och siktades i en 2 mm-sikt där de större klumparna krossades. Med hjälp av XRF-analyserna valdes sju prov (bilaga 3) ut för bestämning av koncentrationen av HNO₃-extraherbar metall, detta för att kunna kalibrera XRF-resultaten till förhållandet på platsen.

För två av objekten gjordes analyserna på samlingsprov. Till samlingsprovet för skrotgården i Kiruna (objekt 1) togs 50 g från de 11 proverna och till samlingsprovet för skrotgården i Malmberget (objekt 15) togs 40 g från 14 av 20 prov. Alla prov från objekt 15 användes inte till samlingsprovet eftersom utspädningseffekten skulle ha blivit för stor.

Vid provtagning av grundvatten användes en engångsprovtagare. Innan provtagningen mättes alltid grundvattennivån med ett klucklod. Vattenproverna hölls sedan i glasflaskor avsedda för ändamålet och förvarades i kylskåp innan de skickades för analys.

De jordprover som inte analyserades, eller om det blev prov kvar efter att en del skickats till analys, sparas i en frys på LKAB:s laboratorium i Kiruna. Avdelningen Yttre miljö är ansvarig för förvaringen av dessa prover.

Tabell 7. Provtagningsstrategin för de 16 objekten som ingår i undersökningen för att få en bild av föroreningsituationen på LKAB:s industriområden i Kiruna, Svappavaara och Malmberget. En mer utförlig provtagningsplanering redovisas i bilaga 1. PID-analyser utförs för varje enskilt prov. Utifrån XRF-resultaten väljs 7 prov som skickas på metallanalys.

Objekt nr	Antal provpunkter	Analyser	Provtagnings- Mönster	Provtagnings- metod
1	8	1 Envipack 11 XRF PID	Systematisk slumpmässig	Skrubborr
	2 st gv*-rör	2 Envipack	Riktad	Gv*-provtagare
2	6	2 GC-FID 2 XRF PID	Systematisk slumpmässig	Skrubborr
3	3	2 GC-FID PID	Riktad	Skrubborr
4	2	1 GC-FID PID	Riktad	Skrubborr
5	4	2 GC-FID PID	Riktad	Skrubborr
6	2 gv* rör	1 Envipack 1 GC-FID 1 PAH 1 Metall	Riktad	Gv*-provtagare
7	2	5 GC-MS 2 PCB PID	Riktad	Provgrop
8	1	1 GC-FID PID	Riktad	Spadborr
9	11	2 GC-FID 1 PAH 16 XRF PID	Systematisk slumpmässig	Skrubborr
10	8	2 GC-FID 6 XRF PID	Systematisk slumpmässig	Skrubborr
11	6	3 GC-FID 2 PAH PID	Systematisk slumpmässig	Skrubborr
12	8	4 GC-FID 6 XRF PID	Systematisk slumpmässig	Skrubborr
13	10	3 GC-FID 1 PAH 20 XRF PID	Systematisk slumpmässig	Skrubborr
14	4	2 GC-FID PID	Riktad	Skrubborr
15	8	1 Envipack 15 XRF PID	Systematisk slumpmässig	Skrubborr
	1 gv* rör	1 Envipack	Riktad	Gv*-provtagare
16	2	1 GC-FID 1 PCB PID	Riktad	Spadborr

* Gv – grundvatten

Envipack – samlingsanalys som ger en screening över ett stort antal föroreningar (metaller, olja, PCB, PAH, BTEX och olika former av klorerade kolväten).

Tabell 8. Analyser utförda på jordprover från denna undersökning, alla är ackrediterade av SWEDAC eller ackrediteringssystem accepterade av SWEDAC. För ytterligare information om extraktion och analys av ämnen kontakta Analytica.

Ämne	Analysmetod
Alifat- och aromatfraktioner, samt bensen, toluen, etylbensen och xylene (BTX)	Extraktionsmedlet är hexan och bestämningen görs enligt SPIMFABs instruktioner.
Metaller	Extraherades med koncentrerad salpetersyra och väteperoxid efter att ha torkats i 50°C. Mätning av metallkoncentrationen i extrakten utförs med modifierade ICP-AES och ICP-MS.
Olja	Bestämning enligt NEN 5733: proven extraheras med aceton, hexan tillsätts och blandningen extraheras igen, hexanfasen avskiljs genom skakning med vatten, torkas och renas med florisil, mätningen utförs med GC-FID. Observera att alla organiska föreningar som detekteras med denna metod, rapporteras som "olja". Bestämning enligt NEN 6675: extraktionen gjordes med freon, reningen med silikagel för att få bort polära föreningar och analyserna utförs med GC-FID.
PAH (16 föreningar)	Proverna extraheras med aceton och hexan (1:1) i flera omgångar, extraktet överförs till metanol och analyseras med HPLC med kombinerad UV- och fluorescensdetektion.
PCB (7 kongener)	Bestämning modifierad metod DIN 38407, proven homogeniseras och extraheras med aceton/hexan (1:1), upprepning av extraktet på florisil-kolonn, svavelsyrabehandling och därefter mätning med GC-ECD.
Envipack (analys på samlingsprov)	
Mineralolja	Bestämning enligt ISO TR 11046, analysen utförs med GC-FID efter extraktion med freon och rening med silikagel för att få bort polära föreningar.
PAH (16 föreningar)	Extraktion i aceton:hexan (1:1), florisilrening eller rening med silikagel, analys utförd med HPLC med UV och fluorescensdetektion.
Metaller	Extraktion med koncentrerad salpetersyra och väteperoxid efter att jorden torkats i 50°C. Mätning av metallkoncentrationen i extraktet utförs med ICP-MS, ICP-AES och AAS-AMA.
Klorfenoler	Extraktion med diklormetan i basisk lösning, derivatisering till acetylderivat, extraktion i cyklohexan och analys utfördes med GC-ECD och konfirmering med GC-MS.
Klorbensener	För tetra- och hexa klorbensener skedde extraheringen med aceton:hexan (1:1), följt av florisilrening och skakning med kvicksilver för svavelborttagning, analys utfördes med GC-ECD på kolonner med olika polaritet. För mono- och diklorbensener skedde extraktionen med metanol i vial, en del av metanolextraktet överförs till ny vial med destvatten, efter att jämvikt nåddes injiceras gasfasen från HS-vialen i GC, detektion med MS.
Klorerade kolväten	Ultraljudsextraktion i metanol, metanolextraktet spikas i destvatten och bestämningen görs med head-space metod i tandem med GC-MS, resultatet bestäms i SIM-mode (Selected Ion Monitoring).
PCB (7 kongener) samt klorerade pesticider	Extrahering med aceton:hexan (1:1), florisilrening, skakning med kvicksilver för svavelborttagning, analys utfördes med GC-ECD på två kolonner med olika polaritet.

Tabell 9. Analyser som utfördes på grundvattenproverna i denna undersökning. Alla analyser är ackrediterade av SWEDAC eller ackrediteringssystem accepterade av SWEDAC.

Ämne	Analysmetod
PAH (16 föreningar) samt olja	Extraktion i hexan (PAH) och freon (olja), florisilrening eller rening med silikagel, mätning har utförts med HPLC med både UV och flourescensdetektion (PAH) och GC-FID (olja).
Envipack	
Mineralolja	Bestämning enligt ISO/TC 147/SC 2N, mätning med GC-FID efter extraktion med freon och rening med silikagel för att rena bort polära föreningar.
Bensen, toluen, etylbensen och xylén (BTEX)	Bestäms med head space metod i tandem med GC-MS, resultatet bestäms med hjälp av SIM
PAH (16 föreningar)	Extraktion i hexan, följt av florisilrening eller rening med silikagel, analysen utfördes med HPLC med flourescensdetektion
Metaller	Provet surgörs med HNO ₃ och mätning utfördes med ICP-MS, ICP-AES och AAS-AMA
Klorbensener samt klorfenoler	klorbensener extraheras med cyklohexan, derivatisering av klorfenolerna till acetylderivat, mätning med GC-ECD och konfirmering med GC-MS om nödvändigt.
Klorerade kolväten	Bestäms med head-space metod i tandem med GC-MS, resultatet bestäms med hjälp av SIM
PCB (7 kongener) och klorerade pesticider	Extraktion med hexan, extraktet indunstas till 1-2 ml och renas över Florisilkolonn, extraktet koncentreras igen och renas på svavel (genom att skaka extraktet med tillsats av svavelsyra och kvicksilver om det är nödvändigt), mätning utfördes med GC-ECD och konfirmeras genom att köra extraktet på två kolonner med olika polaritet.

4. Resultat och diskussion

4.1 Tillförlitligheten hos undersökningar och analysresultaten

Det finns många faktorer som påverkar datakvaliteten och därför även undersökningens tillförlitlighet. En av de främsta faktorerna är kvalitén på bakgrundsinformation. Om osäkerheten varit stor eller informationen oriktig kan felaktig undersökningsstrategi ha använts och mindre särskilt förorenade områden missats. Dessutom har många av objekten i denna undersökning en stor area, och även om antalet provpunkter har anpassats till objekten är den provtagna arean väldigt liten i förhållande till områdenas storlek. Att missa små områden med höga koncentrationer av föroreningar under sådana förhållanden kan lätt hända eftersom föroreningsbilden i jord ofta är väldigt heterogen.

För ett par av objekten i denna undersökning beslutades att använda ett samlingsprov vid analysen. En analys på ett samlingsprov görs framförallt av ekonomiska skäl, man får ett stort antal analyser gjorda för många prover till ett rimligt pris. Detta innebär dock att variationen mellan de enskilda provpunkterna och proven förloras. Dessutom finns en utspädningseffekt som man måste ta hänsyn till vid datautvärdering. Antingen finns det små mängder av föroreningen i de flesta eller alla delprov alternativt högre mängder i ett eller några få delprov.

Vissa provtagningsmetoder förändrar provernas sammansättning och föroreningarnas koncentrationer. Att ta prover med en skruvborr innebär i praktiken att ta ett samlingsprov på djupet. Detta bör man ha i åtanke vid databearbetning.

4.1.2 Jämförelse mellan XRF-resultat och HNO₃/H₂O₂-analys av metallhalter

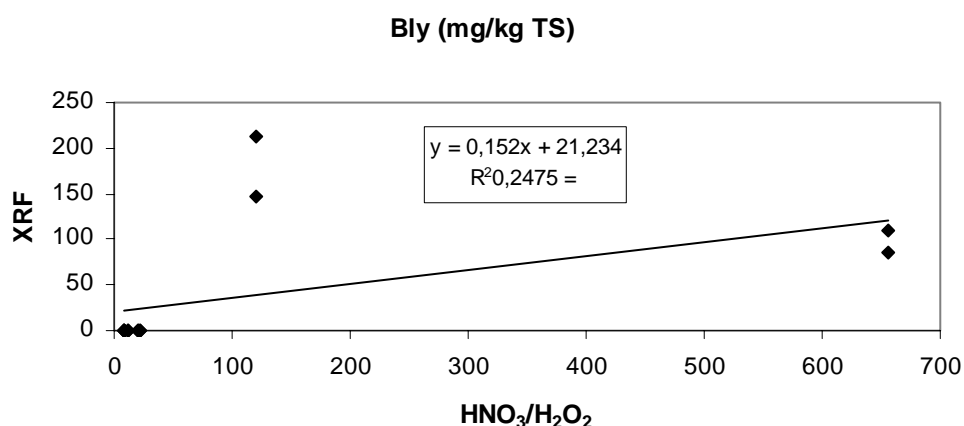
En jämförelse mellan XRF-resultaten och HNO₃/H₂O₂-extraktion för metaller gjordes för att kalibrera XRF-metoden och ge en uppfattning om metodens tillförlitligheten. I teorin bör korrelationsanalysen ge en linje med lutningen 1, men i praktiken behöver XRF värdena oftast justeras med en faktor för att ge samma resultat som extraktionen (Davidsson, 2003). För några av metallerna fanns det inte tillräckligt med resultat för att kunna göra en statistisk analys. Dessa kommenteras övergripande nedan. För de ämnen där jämförelse var möjlig gjordes en statistisk korrelationsanalys. För varje prov som analyseras med XRF ges två avläsningar, och en mätosäkerhet beräknas för varje avläsning. Vid korrelationsanalysen plottades båda XRF-avläsningarna mot HNO₃/H₂O₂-resultatet för samma prov.

HNO₃/H₂O₂-analysen för kvicksilver visar på <1 mg/kg TS i provet trots utslag på 10 mg/kg TS i en av de två XRF analyserna. För molybden gav XRF inget utslag alls på prover där HNO₃/H₂O₂-resultaten visade på värden mellan 0,542-10,5 mg/kg TS. Inte heller för nickel gav XRF-analyserna några utslag och har väldigt stora konfidensintervall, HNO₃/H₂O₂-analyserna visade halter på mellan 10,5-105 mg/kg TS. För krom gav XRF inga utslag, men de breda intervallen för mätosäkerheten innebar att alla HNO₃/H₂O₂-resultat (3,35-44,5 mg/kg TS) ändå ligger inom dessa.

För molybden, nickel och krom kunde analysresultaten inte användas vid en korrelationsanalys. Det fanns dock fem metaller för vilka det gick att beräkna en korrelation mellan XRF- och HNO₃/H₂O₂-resultaten: bly, arsenik, zink, koppar och kobolt.

Bly

Vid lägre värden gav XRF inget utslag (8,48-21,9 mg/kg TS), vid högre resultat på HNO₃/H₂O₂-analyserna (656 resp. 120 mg/kg TS) gav även XRF utslag (109/87 resp. 146/213 mg/kg TS), men det var utanför mätosäkerhetsintervallet för det högsta värdet. Sammantaget gav detta en låg korrelation ($R^2 = 0,2475$) mellan analysmetoderna (figur 31).

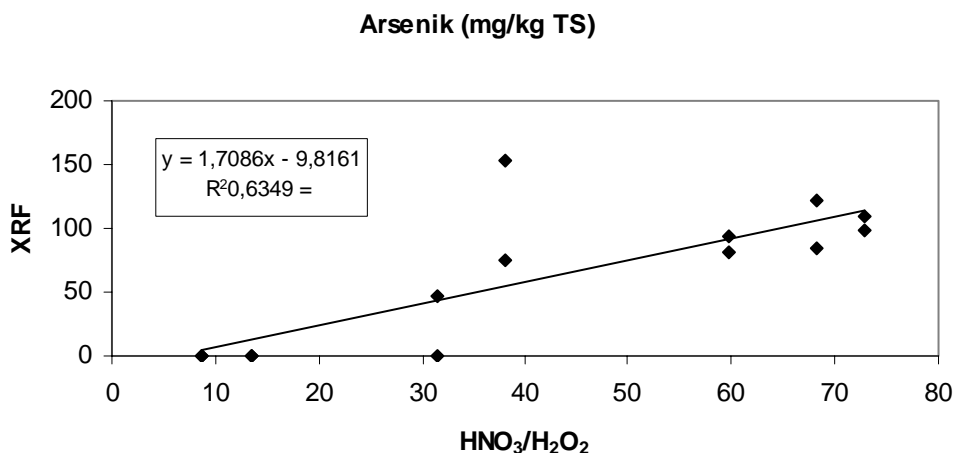


Figur 31. Sambandet mellan blykoncentrationen i jordprover enligt XRF-metoden (två mätvärden) och HNO₃/H₂O₂-metoden.

Arsenik

För de högre HNO₃/H₂O₂-resultaten (31,5-72,9 mg/kg TS) är det i snitt en av de två avläsningarna som ligger utanför intervallet för XRF resultaten, för de lägre HNO₃/H₂O₂-resultaten (8,63-13,4 mg/kg TS) ligger halterna inom mätosäkerhetsintervallen även om XRF-

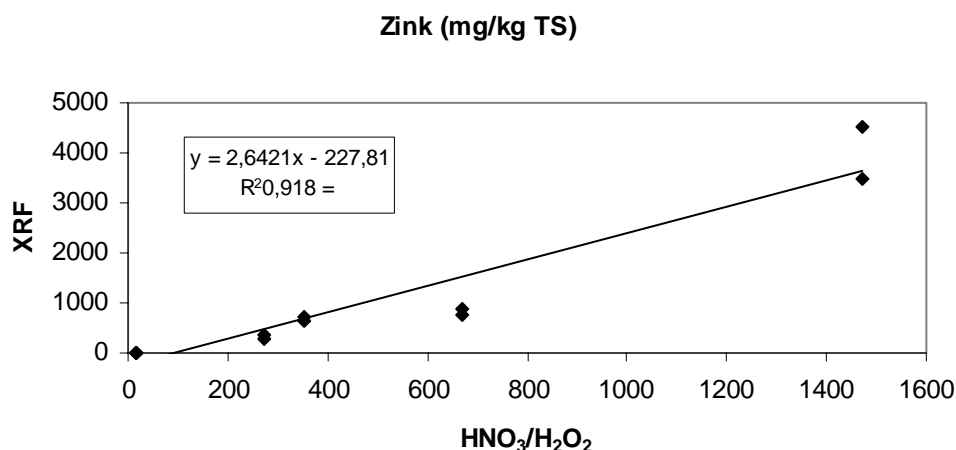
resultaten är noll (figur 32). Korrelation ($R^2 = 0,6349$) mellan de två analysmetoderna, var inte bra, men kan användas vid diskussionen, givetvis med stor försiktighet. Värdena som erhålls med XRF visar dock på att de är ca 1,5 gånger högre än vad $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ -analyserna visar på samma prov.



Figur 32. Sambandet mellan arsenikkoncentrationen i jordprover enligt XRF-metoden (två mätvärden) och $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ -metoden.

Zink

Zink gav inget XRF-utslag på de lägre värdena (15,7-17,7 mg/kg TS) men detta var inom intervallet för mätavvikelser, för de högre värdena (273-1470 mg/kg TS) var XRF värdena i regel över till högt över $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ -analysvärdena. Den statistiska analysen visar på mycket bra korrelation ($R^2 = 0,918$) mellan analysmetoderna (figur 33), XRF resultaten kan därför användas om än med försiktighet vid diskussion om objekten. XRF-resultaten är dock ca 2,5 gånger högre än vad $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ -analyserna visar, hänsyn bör tas till detta vid diskussion.

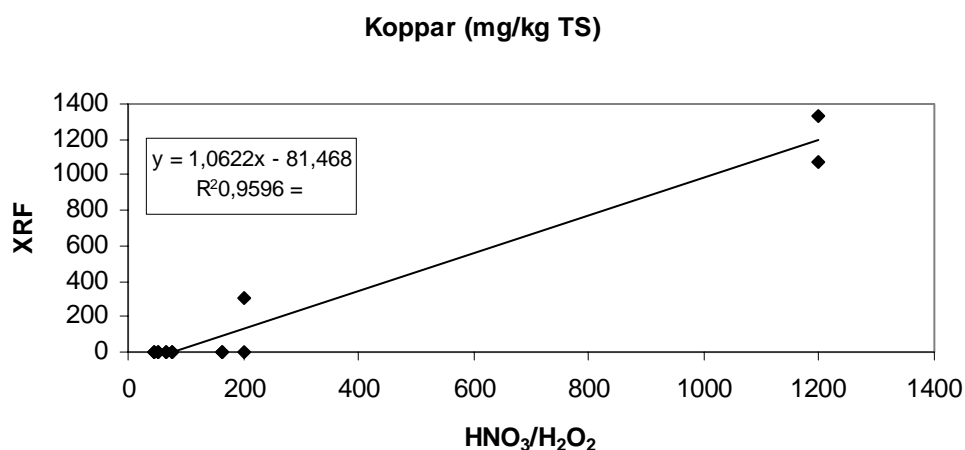


Figur 33. Sambandet mellan zinkkoncentrationen i jordprover enligt XRF-metoden (två mätvärden) och $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ -metoden.

Koppar

Statistiskt är korrelation ($R^2 = 0,9596$) mellan analysmetoderna mycket bra, men diagrammet (figur 34) visar att detta kan ha mycket att göra med nollutslag för låga koncentrationer och

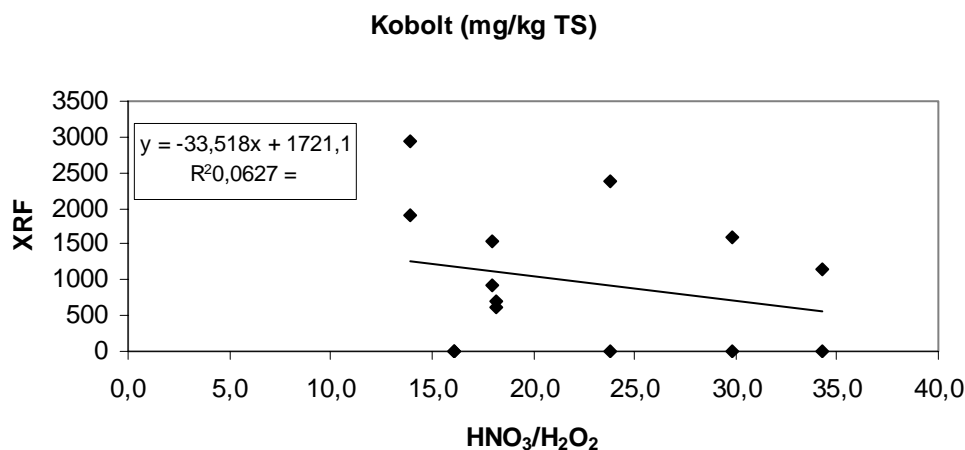
att det är provet med hög koncentration som bestämmer korrelationen. Det är för dålig spridning på mätvärdena och tillförlitligheten för XRF för koppar är därför låg. För de lägre värdena (45,8-168 mg/kg TS) gav XRF inget utslag överhuvudtaget (i några fall ligger detta inom intervallet för mätosäkerheten) XRF analyserna var något bättre för de högre värdena (201-1200 mg/kg TS) men i ett fall även där utanför intervallet.



Figur 34. Sambandet mellan kopparkoncentrationen i jordprover enligt XRF-metoden (två mätvärden) och HNO₃/H₂O₂-metoden.

Kobolt

XRF-resultaten (612-2930 mg/kg TS) är mycket högre än HNO₃/H₂O₂-resultaten (13,9-34,3), och med väldigt breda konfidensintervall. Det är också en väldigt dålig korrelation ($R^2 = 0,0627$) mellan analysmetoderna, korrelationskoefficienten är t o m negativ (figur 35).



Figur 35. Sambandet mellan koboltkoncentrationen i jordprover enligt XRF-metoden (två mätvärden) och HNO₃/H₂O₂-metoden.

Korrelationsanalys visar att XRF resultaten bara kan användas för bedömning av halten arsenik och zink. Även för dessa metaller bör XRF-resultaten användas med försiktighet. Att resultaten från XRF- och HNO₃/H₂O₂-analyserna stämmer så dåligt överens kan bero på de höga järnhalterna i proverna, i de prover som analyserades med HNO₃/H₂O₂-extraktion var järnhalterna mellan 15 600 och 44 400 mg/kg TS. Problematiken med höga järnhalter är

dåligt beskriven i litteraturen men enligt Johansson (2002) kan höga järnhalter störa mätningarna för krom, mangan, kobolt och nickel. Förklaringen skulle kunna vara att dessa ämnen ligger nära järn i periodiska systemet och har liknande egenskaper.

4.2 Användningen av riktvärden

Jämfört med förutsättningarna som användes vid utarbetandet av de generella riktvärdena och riktvärdena för förorenade bensinstationer är situationen något annorlunda för de flesta objekt på LKAB:s industriområden. Alla industriområdena är inhägnade och inte tillgängliga för djur i allmänhet, och varken nu eller i framtiden kommer marken att användas för rekreation, odling av grönsaker eller liknande aktiviteter. Eftersom de flesta objekten har en markyta som är täckt av fyllnadsmaterial är halten organiskt material mycket lägre än två procent. Undantaget är Oljegroparna på jordtippen (objekt 7) där det finns en O-horisont och en del vegetation.

På grund av den begränsade ekologisk betydelse på industriområdena anses de human-toxikologiska gränsvärdena vara av större vikt, så länge föroreningarna inte sprider sig utanför industriområdena. Vid beräkning av de generella riktvärdena antas vuxna befinna sig på objekten under sin yrkesverksamma tid och barn tillfälligt. Den beräknade tiden är något överskattad för de flesta objekten i denna undersökning. Vissa objekt är avslutade och besöks endast vid enstaka tillfällen, medan andra har en varierande grad av aktivitet. Barn under tolv år får överhuvudtaget inte vistas på industriområdena, vilket innebär att de akuttoxiska föroreningarna kan tillåtas ha en högre koncentration i jorden.

Då frågeformuläret, gällande användbarheten av generella riktvärdena för ett objekt, fylldes i var många av svaren: "*Vet ej*" och "*Nej/Stämmer inte*" (bilaga 7). Detta innebär att objekten och omgivningarna bör studeras närmare för att kunna beräkna platsspecifika riktvärden. Tanken var att under examensarbetet räkna ut ett platsspecifikt riktvärde per ort (Kiruna, Svappavaara och Malmberget) men då den dokumenterade informationen studerades visade det sig att även förhållandena vid de olika objekten var mycket olika. Att beräkna ett riktvärde för en ort skulle innebära samma sorts, även om inte likadana, antaganden och kompromisser som vid beräkandet av de generella riktvärdena.

Koncentrationerna som uppmättes i jordproverna från denna undersökning har jämförts med riktvärden för förorenade bensinstationer samt de generella riktvärdena för MKM, men vid rekommendationer om fördjupade undersökningar har hänsyn tagits till omständigheterna på respektive objekt.

Kapten 160 är en oljedeponi på LKAB:s industriområde i Kiruna. Under sommaren 2004 påbörjades en sanering av området som är starkt förorenat av organiska föreningar. Innan saneringen påbörjades kom LKAB överens med Länsstyrelsen om ett riktvärde för totalolja på 5000 mg/kg TS (muntliga uppgifter Susanne Rostmark). Med anledningen av förutsättningarna på LKAB:s industriområden (avsaknad av grundvatten, 12 års gräns, klimatet) och den bedömningen anses det generella riktvärdet för förorenade bensinstationer som onödigt lågt. Rekommendationer om fördjupade undersökningar har därför endast gjorts för objekt med totala oljehalter kring 5000 mg/kg TS.

4.3 Föroreningar på LKAB:s områden

I denna undersökning har inga spår hittats av PCB, lösningsmedel eller klorerade kolväten, men på några områden finns höga halter i ytliga prover av alifatiska föroreningar och på vissa objekt finns låga halter PAH. Det är främst ytliga prover som har analyserats och därför kan

inte kommentarer ges angående förekomst på djupet. På vissa objekt påträffades även höga halter av tungmetaller. Det är framförallt i samlingsproverna som användes skrotgårdarna i Kiruna och Malmberget (objekt 1 och 15) där högre metallhalter upptäcktes, men även i metallanalyserna för F d Skrotuppsamlingsplats (objekt 13) fanns höga koncentrationer. De metaller som påträffades och har en hög miljörisk är främst arsenik och kvicksilver, men även zink, koppar, bly och nickel. Inga höga halter av föroreningar påträffades i de grundvattenrör som placerades ut under denna undersökning.

Fyllningarna som täcker de flesta objekten består till stor del av järnoxider och med tanke på sammansättningen av mineraler i gråstenen är marken inte inom det sura pH intervallet. Detta styrks även av att grundvatten mätning i gruvan visar på pH kring 7 och över. Ett högt pH-värde innebär att bly och kvicksilver är mindre mobila, men för arsenik beror det mycket på i vilken form den finns. Halten organiskt material påverkar också mobiliteten hos tungmetallerna, men på dessa objekt (gäller inte Oljegröpar på jordtippen (objekt 7)) finns väldigt lite organiskt material som kan binda tungmetaller. Hur tungmetallerna uppför sig på LKAB:s industriområden är svårt att säga, på grund av otillräcklig information om sammansättningen i marken. Viktig information för att kunna förutsäga mobiliteten hos de enskilda ämnena är pH, halten organiskt material och reducerande/oxiderande förhållanden.

4.4 Objekten

Det mest förorenade objektet på LKAB:s industriområden uppvisar höga halter av olja. Ett exempel är oljedeponin i Svappavaara (objekt 7). I oljelagren fanns halter på mellan 38 000 och 46 000 mg/kg TS för alifatfraktionen >C16-C35. På de höga halterna av lätta fraktioner gick det inte att bestämma halter för dessa. Det finns också tecken på spridning från provgrop 1 till den underliggande moränen, men detta gäller inte grop 2.

Även på objekt där olja mellanlagras har höga oljehalter uppmäts. På KCK (objekt 12) finns höga halter totalolja i de övre lagren, i de fyra punkter där den övre halvmeteren analyserades finns halter på 120-15 000 mg/kg TS (tabell 18). Mellanlagringstationen i Kiruna, Blå ladan (objekt 2), hade halter på 990 och 4000 mg/kg TS i de två punkter som analyserades på totalolja (tabell 11). Analyserna för båda dessa objekt består oljan av långa kolkedjor som inte är så spridningsbenägna. På den gamla platsen för mellanlagring av olja i Svappavaara, F d spillfett- och oljeupplag (objekt 11), var den högsta koncentrationen av olja 64 mg/kg TS och det fanns inga spår av PAH.

Ett annat område med höga halter olja är Tankställe vid M-husen och bussgaraget (objekt 5), som visade sig ha väldigt höga halter totalolja både i den översta halvmeter, 6900 mg/kg TS, och nere på 1,5-2,0 meters djup, 7600 mg/kg TS. Provtagningen vid Nuvarande tankplats (objekt 14) kunde inte utföras på allt för många ledningar och kablar. Men det fanns tydliga visuella tecken på föroreningar, samt en stark dieseldoft runt på området.

Det finns två små objekt med höga oljehalter: Panncentralen PC 5 (objekt 3) och Oljefläck vid cisternen (objekt 4). De har oljehalter på 12 000 respektive 4 200 mg/kg TS.

Under transformatorn i Malmberget (objekt 16) fanns höga halter totalolja, 9 600 mg/kg TS. I Svappavaara gick det inte att komma ner till ett finkornigt material under transformatorn (objekt 8) och istället analyserades ett finkornigt material som fanns på ytan. Ytprovet visade sig innehålla höga halter totalolja 8300 mg/kg TS. Inte på något av dessa objekt innehöll oljan PCB.

På skrotgårdarna och diverse uppsamlingsplatser på industriområdena finns de mest komplexa föroreningsbilderna med både olja och tungmetaller. På skrotgårdarna i Kiruna och Malmberget (objekt 1 och objekt 15) gjordes analyser på samlingsprov (tabell 10 och 21). I provet från Malmberget fanns förhöjda halter av olja och PAH samt arsenik och kvicksilver. Även i provet från Kiruna fanns olja och PAH, men metallerna som fanns i samlingsprovet var istället koppar och vanadin. I ett enskilt prov från skrotgården i Kiruna som analyserades på metaller fanns dessutom bly och kadmium. På Transformatorupplag samt plats för montage av elkranar (objekt 10) visade analyserna på oljehalter på under 50 mg/kg TS och XRF-analyserna visade att där fanns spår av arsenik. På F d skrotuppsamlingsplats (objekt 13) finns det höga halter av totalolja. I de två ytproverna uppmättes halter på 19 000 och 43 000 mg/kg TS, och i översta halvmetern i en av provpunkterna finns 590 mg/kg TS (tabell 19). Det finns även arsenik och spår av zink på detta område. Totaloljehalten låg som högst på 670 mg/kg TS för F d Maskinskrotningsplats (objekt 9) (tabell 17), och XRF-analyserna indikerar att det finns arsenik på området.

Vattenproverna som analyserades från grundvattenröret GV0401 på Industritippen (objekt 6) visade endast på låga metallhalter (tabell 15), och det fanns inga spår av PCB, PAH, lösningsmedel eller klorerade kolväten varken i GV0401 eller GV0402.

Vid diskussionerna nedan om de respektive objekten redovisas de analysresultat som har betydelse för föroreningssituationen. De fullständiga analysresultaten återfinns i bilaga 2, tillsammans med sammanställning av provtagningsprotokoll (innehållande PID-resultat). XRF-resultaten finns dock i bilaga 3. De fullständiga analysresultat inklusive kromatogrammen för aktuella prover återfinns i MRM:s och LKAB:s arkiv.

4.4.1 Kiruna

Objekt 1 Skrotgården

Laboratorieanalyserna för skrotgården utfördes på ett samlingsprov samt ett extra prov som enbart analyserades på metallkoncentrationerna (tabell 10). Eftersom ett samlingsprov användes kan de angivna halterna vara ett utslag av en utspädningseffekt och att något/några av proverna kan ha mycket högre koncentrationer. Koncentrationerna av olja är något över riktvärdena för förorenade bensinstationer, detta gäller framförallt fraktionen C16-C35, men halterna ligger under riktvärdet fastställt för Kapten 160. Det finns även spår av PAH i aceton/hexan-analysen, men endast i låga koncentrationer. Av de metaller som analyserades i samlingsprovet fanns det höga halter av koppar och vanadin som båda ligger över ekotoxikologiska värdet trots att det är ett samlingsprov. I $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ -analysen för det enskilda provet, provpunkt 1:4 djupet 0-0,8 m, ligger koppar och bly över det ekotoxiska riktvärdet. Ytterligare en sak som bör noteras är att det i det enskilda provet även fanns låga halter kadmium.

Resultaten från XRF-analyserna visar på halter som ligger över de generella riktvärdena för arsenik i några prover, men XRF-resultaten är höga jämfört med $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ -analyserna och då faktorn på 1,5 används ligger arsenikhalterna under de generella riktvärdena. PID-utslagen var låga, mellan 1,7 och 18 ppm, och visar inte på några större mängder av VOC.

Den grova jordarten och den speciella hydrologin på platsen med dränering ned i gruvan innebär att det finns en liten till ingen spridningsrisk mot sjön Luossajärvi. Resonemanget stöds också av att tidigare undersökningar inte har visat på förhöjda halter i sjösedimenten.

Tabell 10. Analys resultat för de föroreningar som påträffades i jordprover från ett samlingsprov och från provpunkt 1:4 på Skrotgården (objekt 1).

Ämne	Provplats	
	1. Samlingsprov	1:4
	0-0,8 m	
	mg/kg TS	
Fraktion >C12-C16	19	----
Fraktion >C16-C35	540	----
PAH cancerogena	0,043	----
PAH övriga	0,41	----
As	4	8,63
Ba	54	78,6
Be	----	2,28
Cd	0,22	1,53
Co	42	34,3
Cr	35	19,8
Cu	740	1200
Fe	----	44 400
Hg	0,06	----
Li	----	19,1
Mn	----	711
Mo	3,6	5,59
Ni	59	39
P	----	8230
Pb	32	656
Sr	----	22,7
V	240	53,3
Zn	67	273

---- analys utfördes ej

Objekt 2 Blå ladan

Vid provtagning av marken runt Blå ladan borrades provtagningshålen till maximalt 2 meters djup. Under borrningen upptäcktes inget grundvatten och till det djupet bestod jorden enbart av ett grusigt fyllnadsmaterial. Analyserna som gjordes enligt NEN 5733 på två prov visade på höga oljekoncentrationer i ytliga lager (tabell 11). PID utslagen var dock låga, 1,0-3,8 ppm, vilket innebär att det inte finns höga halter av VOC. XRF-resultaten visade inte på några förhöjda metallhalter. De uppmätta oljehalterna ligger över riktvärdena för förorenade bensinstationer, men under 5000 mg/kg TS som är riktvärdet för Kapten 160 .

Med tanke på objektets historia har det troligen skett många små spill som inte trängt ner på djupet. NEN 5733-analyserna visar också att de organiska föroreningarna främst finns som långa kedjor. I provet 2:3 0-1,0 m består oljan till 78 % av fraktionen C30-C35 och i provet från 2:5 0-0,5 m består den till 84 % av fraktionen C20-C35. Detta är tjocka oljor som inte är särskilt spridningsbenägna och inte sprider sig över stora avstånd trots den genomsläppliga fyllnadsmassan.

Tabell 11. Koncentrationer av totalolja för prov för Blå ladan (objekt 2), vid provpunkterna 2:3 och 2:5.

Ämne	Provplats	
	2:3	2:5
	0-1,0 m	0-0,5 m
	mg/kg TS	
Olja	990	4000

Objekt 3 Panncentralen PC 5

Proverna från PC 5 visade på låga PID-utslag (2,9-8,4 ppm), vilket innebär att där inte fanns höga halter av VOC. Koncentrationerna av olja var dock höga i de ytliga lagren, i ett av proven som analyserades enligt NEN 5733 var halten 12 000 mg/kg TS (tabell 12). Området är ganska litet men halterna av totalolja överskrider riktvärdet 5 000 mg/kg TS i de två proverna som analyserades.

Fyllningen vid PC 5 var grusig och sträcker sig åtminstone till två meters djup. De organiska föroreningarna som fanns i proverna är framförallt högmolekylära. Föreningar med fler än 12 atomer i kolkedjan utgör 98% respektive 97% av föreningarna i de två analyserade proverna. En trolig spridningsväg för oljan är längs väggarna på byggnaden och även in under grunden, men på grund av att det är en tjock olja har den en ganska låg spridningshastighet.

Provtagningspunkternas placering fick justeras något på grund av en högspänningskabel. Vid borrhningen hittades inget grundvatten.

Tabell 12. Koncentrationer av totalolja i jordprover för Panncentralen PC 5 (objekt 3).

Ämne	Provplats	
	3:1 0-0,5 m	3:2 0-1,0 m
	—— mg/kg TS ——	
Olja	12000	5600

Objekt 4 Oljefläck vid cisternen

Ner till en meters djup består jorden vid oljefläcken endast av ett grusigt fyllnadsmaterial. Försök gjordes att borra djupare men det tog stopp och borren kunde inte gå djupare ner än till 1,10 m.

Analysen enligt NEN 5733 på provpunkt 4:1, 0-0,5 m, visar att det finns olja i den översta delen av markprofilen, 4 200 mg/kg TS enligt NEN 5733-analysen, men PID resultaten är låga, mellan 1,5-5,3. Oljeföroreningen ligger främst i fraktionerna C10-C19 (42 %) och C20-C29 (47 %).

Koncentrationen av olja ligger över riktvärden för förorenade bensinstationer men under riktvärden för Kapten 160. Föroreningen verkar vara koncentrerad till en liten yta. Med de analyser som gjorts är det svårt att bedöma hur djupt föroreningen spridits, men på grund av föroreningens natur har denna tjocka olja troligtvis inte spridits i någon högre grad. I denna jordart sker spridningen främst i djupled och den horisontella spridningen är begränsad, speciellt med tanke på grundvattensituationen inom industriområdet i Kiruna.

Objekt 5 Tankställe vid M-husen och bussgaraget

Vid tankstället består jorden under asfalten och cementen av en grusig sandig fyllning. Provtagningen gjordes genom asfalten och det maximala djupet vid borrhningen var två meter. Under provtagningen kändes en stark diesellukt och proverna var svarta. Analysresultaten visar på höga halter av föroreningar. Bestämning enligt NEN 5733 gav oljehalter på 6900 i ett prov från den översta halvmeteren och 7600 mg /kg TS på 1,5-2,0 meters djup (tabell 14). 89 % respektive 94 % av oljeföroreningen ligger i fraktionen C10-C19. Även PID-värdena är höga och ligger för vissa prover på över 300 ppm (tabell 13), detta innebär att det finns höga halter av VOC. Halterna ligger över riktvärdena för Kapten 160.

De höga analysresultaten och den vertikala spridningen kan vara ett resultat av dieselspill som skett innan området asfalterades och cementplattan blev gjuten, men föroreningarna kan även ha sipprat ner mellan asfalten och cementplattan. Eftersom en stor del av nederbörden förs iväg med dagvattensystemet istället för att penetrera jorden kan asfalten bidra till en lägre spridningshastigheten för föroreningen.

Tabell 13. PID-utslag från jordproverna på Tankstället (objekt 5).

Provpunkt	Djup m	PID ppm
5:1	0-0,5	331
	0,5-1,0	360
	1,0-1,5	365
	1,5-2,0	335
5:2	0-0,5	8,4
	0,5-1,0	5,4
5:3	0,2-1,0	250
5:4	0,5-1,0	51

Tabell 14. Koncentrationer av totalolja för jordprover från Tankställe vid M-husen och bussgaraget (objekt 5).

Ämne	Provplats	
	5:1 0-0,5 m	5:1 1,5-2,0 m
	mg/kg TS	
Olja	6 900	7 600

Objekt 6 Industritippen (Gamla soptippen)

Det fanns inga spår av olja i något av de två grundvattenrören inom objektet. HNO₃-analyserna som gjordes för grundvattnet från det ena röret, GV0401, visade på låga metallhalter (tabell 15). De kan vara ett utslag av bakgrundshalterna i området, men halterna ligger inte över de generella riktvärdena för grundvatten. Analyserna för GV0402 visade inga halter av olja eller PAH. Metallanalyser saknas eftersom laboratoriet tappade bort provet.

Att grundvattenanalyserna inte visade på några föroreningar är förvånande med tanke på hur objektet har använts enligt bakgrundsbeskrivningen. Industritippen sträcker sig över ett stort område och två grundvattenrör räckte inte för att ge en heltäckande bild av föroreningssituationen. En annan trolig förklaring är att vattnet i rören inte är resultat av grundvattentransport från industritippen utan att det kommer från vattensamlingar ovanpå en hårdare yta. Det är möjligt att lakvattnet från tippen går djupare ner eller att det rinner direkt ner i gruvan.

Tabell 15. Metallanalys för ett dekanterat vatten prov från grundvattenröret GV0401, som är placerat nedanför Industritippen (objekt 6).

Ämne	GV0401 Grundvattenprov µg/l
Ba	75
Cd	<0,20
Co	6,9
Cr	25
Cu	39
Hg	<0,30
Mo	2,7
Ni	11
Pb	2,7
Sn	1,1
V	15
Zn	22

4.4.2 Svappavaara

Objekt 7 Oljegropar på jordtippen

Oljegroparna på jordtippen visade sig vara grävda på olika sätt. De äldre oljegroparna är mer organiserade (tydligare markerade och de olika materiallagren lades på plats ordentligare) och ligger relativt ytligt (provgrop 1) (figur 36). De yngre groparna ligger under ett mycket tjockare lager av övertäckande material (morän) (provgrop 2). Under groparna med sina olika lager av material finns morän. Vid grävningen och provtagningen av de två groparna kom grävskopan inte ner till en grundvattenyta.



Figur 36. Jordprofil från provgrop 1 på Oljegropar på jordtippen (objekt 7). De två oljelagren syns tydligt och under respektive oljelager kan man urskilja ett lager med sågspån. På plats kunde man även se tydligt se rötslam och sandlagret.

Oljegroparna analyserades enligt NEN 6657 och mycket höga halter av organiska föreningar uppmättes i oljelagren (tabell 16). De lättare fraktionerna hade så höga halter att de inte gick att analysera. Även moränlagret under grop 1 innehöll höga halter, vilket tyder på att det finns en viss spridning och att föroreningarna i groparna påverkar underliggande lager. Moränlagret i grop 2 visade inte på samma tendenser, analys svaren för moränlagret i denna grop ligger på mycket lägre halter. Analysresultaten anger oljekoncentrationer i de båda groparna som ligger mycket högre än vad riktvärdena för Kapten 160 tillåter.

Tabell 16. Analysresultat för proverna från Oljegropar på jordtippen (objekt 7). Oljelagren är numrerade uppifrån och ner, sandlagret i grop 1 ligger mellan oljelager 2 och moränlagret.

Ämne	Provplats					
	7:1 oljelager 1	7:1 oljelager 2	7:1 sandlager	7:1 Moränlager	7:2 oljelager	7:2 Moränlager
	mg/kg TS					
Alifater >C5-C8	####	####	----	<10	####	<10
Alifater >C8-C10	####	####	----	120	####	<10
Alifater >C10-C12	100	160	----	1300	1300	46
Alifater >C12-C16	460	410	----	2000	3900	240
Alifater >C5-C16	####	####	----	3400	####	290
Alifater >C16-C35	46 000	42 000	----	660	38000	230
aromater >C8-C10	26	43	----	130	350	<1,0
aromater >C10-C35	61	27	----	54	4800	<2,0
Bensen	####	####	----	<0,050	####	<0,010
Toluen	####	####	----	<0,30	####	<0,050
etylbenzen	####	####	----	<0,050	####	<0,050
Summa xylener	####	####	----	<0,10	####	<0,050
Summa TEX	####	####	----	<0,30	####	<0,080
PID (ppm)	14	14	0,1	337	----	142

kunde ej mätas p g a alltför höga halter

---- analys utfördes ej

Objekt 8 Transformatorplats

Marken på objektet är täckt med ett lager makadam som är minst 40 cm djupt. På grund av makadammen kunde inte den planerade provtagning utföras. Istället samlades finkornigt material som låg på ytan ihop och skickades på analys (figur 19).

Analysresultaten som bestämdes enligt NEN 5733 visade att halten totalolja låg på 8300 mg/kg TS, men det fanns inga spår av PCB i provet. Denna undersökning säger inte särskilt mycket om den totala föroreningsituationen, men den visar ändå att det finns organiska föreningar.

Objekt 9 F d Maskinskrotningsplats

Jorden på den före detta maskinskrotningsplatsen består av en grusig fyllning ovanpå en siltig-sandig morän som börjar på ungefär 50 cm djup.

PID-analyserna gav endast låga utslag, 0,7-4,2 ppm. NEN 5733-analyserna på totalolja gav utslag, 670 mg/kg TS för översta halvmetern i en av provpunkterna, men visade inte på några höga halter (tabell 17). Den dominerande fraktionen i olja är C20-C29 (59 %), en fraktion som inte har en hög spridningshastighet. Föroreningshalterna för totalolja är något högre än riktvärdet för förorenade bensinstationer, men ligger långt under riktvärdet som används under saneringen av Kapten 160. XRF-analyserna indikerar att det finns arsenik på området, men de ligger under de generella riktvärdena då faktorn på 1,5 används.

Tabell 17. Koncentrationer av totalolja för jordprover från F d Maskinskrotningsplats (objekt 9).

Ämne	Provplats	
	9:4 0-0,5 m	9:11 0-0,5 m
	mg/kg TS	
Olja	59	670

Objekt 10 Transformatorupplag samt plats för demontage av elkranar

Jordprofilen på objektet består av en sandig-grusig fyllning som är åtminstone en meter tjock. Provpunkterna placerades runt träbyggnationerna där mindre områden med särskilt höga föroreningshalter förväntades vara (figur 21), men NEN 5733-analyserna visade på oljehalter under 50 mg/kg TS, vilket är långt under riktvärdena för förorenade bensinstationer. Även PID-analyserna gav låga utslag, 1,3-3,8 ppm. XRF-resultaten gav utslag för arsenik, 106 resp. 132 mg/kg TS.

Objekt 11 F d spillfett- och oljeupplag

Efter att objektet slutade användas skrapades det översta jordlagret bort och ny fyllning lades på plats. Den nya fyllningen är ca 20 cm tjock och under finns en sandig morän. Ner till 60 cm djup är moränen röd-brun och under det mer gråaktig.

NEN 5733-analyserna på objektet visade inte på höga halter av föroreningarna, den högsta koncentrationen av olja var 64 mg/kg TS och det fanns inga spår av PAH. Oljehalten ligger långt under riktvärdena för förorenade bensinstationer. PID-analyserna visade inte heller på höga halter av VOC, utslagen låg mellan 1,3 och 4,0 ppm.

4.4.3 Malmberget

Objekt 12 KCK

På objektet finns många oljefläckar och vid provtagning kunde några av borrhålen lukta starkt av något som påminde om gödsellukt. Borrhålen gick som djupast ner till två meter, och jorden bestod enbart av en grusig fyllning. Några av de planerade provtagningspunkterna fick flyttas något på grund av att ledningar gick genom objektet.

Tabell 18. Analysresultat för jordprover från KCK (objekt 12).

Ämne	Provplats				
	12:2 0-0,5 m	12:2 0,5-1,0 m	12:3 0-0,5 m	12:6 0-0,5 m	12:8 0-0,5 m
	mg/kg TS				
Olja	7 100	1 100	15 000	120	----
As	----	----	----	----	31,5
Ba	----	----	----	----	63,1
Be	----	----	----	----	0,496
Cd	----	----	----	----	0,144
Co	----	----	----	----	18,2
Cr	----	----	----	----	4,05
Cu	----	----	----	----	67,4
Fe	----	----	----	----	16 300
Li	----	----	----	----	17,9
Mn	----	----	----	----	90
Mo	----	----	----	----	10,5
Ni	----	----	----	----	22,8
P	----	----	----	----	10 200
Pb	----	----	----	----	19,8
Sr	----	----	----	----	28,2
V	----	----	----	----	21
Zn	----	----	----	----	17,5
Hg	----	----	----	----	<1

---- inga analyser utförda

Det finns höga oljehalter i de ytliga jordlagren på KCK. Fyra prover analyserades på totalolja enligt NEN 5733 (tabell 18) och två av dem låg över riktvärdet för totalolja som användes vid saneringen av Kapten 160. Det högsta resultatet var 15 000 mg/kg TS (provpunkt 12:3 0-0,5 m). PID-utslagen är dock låga, de varierar mellan 2 och 68 ppm. Enligt XRF-analysen finns det kvicksilver i ett av proven, men HNO₃/H₂O₂-analysen på samma prov visade inga analyserbara halter. HNO₃/H₂O₂- och XRF-resultaten visar dock båda på att det finns arsenik på objektet, och enligt XRF-analyserna är halterna högre än det generella riktvärdet.

Fördelningen av oljefraktionerna i de analyserade proverna ligger främst på de längre kolkedjorna, från 20 kol och uppåt, varför spridningen kan förväntas var mycket begränsad.

Objekt 13 F d skrotuppsamlingsplats

Den översta 0,5-1,5 m av jordprofilen består av en fyllning och under den ligger en sandig morän. Till viss del fick placeringen av provpunkter justeras på grund av ledningar på objektet.

Två ytprov (inte markerade på skissen) men också prov från djupare nivåer (P13:4 0-0,5 m) visade mycket höga oljehalter enligt NEN 5733 (tabell 20). Provet 13:4 0-0,5 m ligger precis över riktvärdena för förorenade bensinstationer, men långt under riktvärdet för totalolja på Kapten 160. Ett av ytproven analyserades även på PAH med aceton/hexan och det fanns låga

halter som klart underskred riktvärden för bensinstationer. PID-analyserna gav låga utslag, mellan 1,4 och 12 ppm.

XRF-analyser gav utslag för arsenik i alla prov utom ett. HNO₃/H₂O₂-analyserna visar på arsenikhalter mellan 38,2 och 68,3 mg/kg TS (tabell 19). I två av de tre prov som valdes ut för HNO₃/H₂O₂-extraktion överskred arsenikhalten det generella riktvärdet. Även zinkhalten var högre än det generella riktvärdet för förorenad mark.

Den eventuella spridningen av föroreningar på objektet sker vertikalt. Ytprov 1 består främst av tyngre fraktioner, C30-C40 (71 %), vilket inte är en spridningsbenägen fraktion.

Tabell 19. Resultat från metallanalyser för jordprov från F d Skrotuppsamlingsplats (objekt 13).

Ämne	Provplats		
	13:1 0-0,5 m	13:5 0-0,5 m	13:10 0-0,5 m
	mg/kg TS		
As	68,3	59,8	38,2
Ba	45,9	37,6	48,9
Be	0,402	0,535	0,423
Cd	0,153	0,103	0,223
Co	16,1	29,8	13,9
Cr	10,7	3,35	6,71
Cu	77,1	163	45,8
Fe	21 600	16 800	15 600
Li	10,1	11,5	9,28
Mn	101	116	99,8
Mo	9,78	1,20	1,00
Ni	15,4	20,8	15,3
P	19 700	17 400	9 360
Pb	12,4	8,58	21,9
Sr	47,6	66,7	38
V	27,5	17,9	19,1
Zn	671	15,7	1 470

Tabell 20. Analysresultat för jordprover från F d skrotuppsamlingsplats (objekt 13).

Ämne	Provplats		
	13 Ytprov 1	13 Ytprov 2	13:4 0-0,5 m
	mg/kg TS		
Olja	19000	43000	590
PAH cancerogena	----	0,09	----
PAH övriga	----	1,2	----

Objekt 14 Nuvarande tankplats

Vid inspektion av objektet fanns tydliga visuella tecken på oljeföroreningar och intrycket förstärktes av en stark diesellukt. På grund av mängden ledningar och kablar kunde tyvärr inte den planerade provtagningen utföras, istället dokumenterades objektet noggrant genom fotografier vilka arkiveras av LKAB.

Objekt 15 Skrotgården

Jorden består av en sandig morän som är ojämnt täckt med en halvmeter tjock grusig fyllning bestående av krossten. Ledningar och kablar omöjliggjorde provtagning längs långsidan som vetter mot järnvägsspåret. Även på andra områden på objektet fick provpunkternas placering justeras på grund av ledningar, kablar, högar av skrot och byggnader. I ett av borrhålen (15:6) var provet fuktigt på 1,5-2,0 meters djup.

Ett samlingsprov analyserades för skrotgården. Analyserna visade på förekomst av organiska föreningar, PAH, arsenik och kvicksilver (tabell 22). Halterna ligger inte över de generella riktvärdena eller riktvärden för bensinstationer, men hänsyn måste tas till förutsättningarna för ett samlingsprov. Det innebär att halterna kan vara betydligt högre i något eller några enskilda prov.

HNO₃/H₂O₂-analyserna som gjordes för ett par av proverna visar att halten arsenik i ett av proven ligger över de generella riktvärdena för ämnet och kopparhalten ligger över det ekotoxikologiska värdet. PID-analyserna visade på låga värden, mellan 0,9-5,0 ppm. Analyserna gav utslag på flera olika föroreningar och detta är ett objekt som måste hållas under uppsikt.

I grundvattenröret nedströms skrotgården upptäcktes inga organiska föroreningar och endast låga metallhalter (tabell 21). Alla halter ligger under de generella riktvärdena.

Tabell 22. Analys resultat för de föroreningar som påträffades i jordprover på Skrotgården (objekt 15).

Ämne	Provplats		
	15. Samlingsprov	15:1	15:8
		0-0,5 m	0,5-1,0 m
		mg/kg TS	
Fraktion >C16-C35	100	----	----
PAH cancerogena	0,260	----	----
PAH övriga	0,9	----	----
As	20	13,4	72,9
Ba	45	225	25,2
Be	----	0,298	0,146
Cd	<0,20	0,885	<0,1
Co	25	23,8	18
Cr	20	44,5	1,66
Cu	77	201	53,7
Fe	----	35400	11100
Hg	0,42	----	----
Li	----	5,96	5,67
Mn	----	298	62,4
Mo	1,1	8,93	0,542
Ni	32	105	10,5
P	----	3390	24900
Pb	15	120	8,48
Sr	----	32,7	74,5
V	120	27,5	11,9
Zn	30	354	17,7

---- analys utfördes ej

Tabell 21. Metallanalys för ett vatten prov från grundvattenröret GV0403, som är placerat nedanför Skrotgården (objekt 15).

Ämne	GV0403
	Grundvattenprov
	µg/l
Ba	72
Cd	0,27
Co	18
Cr	<5,0
Cu	8,9
Hg	<0,30
Mo	<1,0
Ni	13
Pb	6,9
Sn	<0,50
V	<5,0
Zn	54

Objekt 16 Transformator vid borrarlipen

En 15-25 cm tjock stenig grusig fyllning utgör det översta lagret i jordprofilen under transformatorerna (figur 30). Sedan följer ett sandlager ner till en halvmeters djup och under sanden ligger morän. På marken under transformatorerna syns oljefläckar och när ett prov från det översta 15 cm tjocka lagret analyserades enligt NEN 5733 visade resultatet en halt av totalolja på 9 600 mg/TS, 44 % ligger i fraktionen C10-C19 och en lika stor andel i C20-C29. Det finns dock inga spår av PCB i oljan och PID-utslagen var låga, mellan 1,3 och 2,5 ppm. Oljehalten ligger över riktvärdet för saneringen av Kapten 160.

Objektet ligger ganska skyddat bredvid en byggnad och under ett tak, och området runt objektet är asfalterat. Från den här undersökningen går det ej att dra slutsatser angående hur stor volym som är förorenad, men eftersom området ligger skyddat är risken för spridning med markvatten liten. Det finns dock en viss risk för att oljan sprider sig längs elledningar som går från objektet och en vertikal spridning längs byggnaden.

5. Slutsatser och förslag till åtgärder

Järnmalmsgruvor orsakar generellt lite tungmetallföroreningar till skillnad från sulfidmalmsgruvor som t ex koppargruvor. Det är istället kringverksamheten såsom verkstäder, tankplatser, skrotgårdar, mellanlagring av oljor, etc, som förorenar områden. Detta gäller även på LKAB:s industriområden.

I denna undersökning har inga spår hittats av PCB, lösningsmedel eller klorerade kolväten, men på många av objekten finns höga halter av alifatiska föreningar och på vissa av dess finns låga halter PAH. De höga halterna olja var förväntade på vissa av objekten som t ex Oljegropar på jordtippen (objekt 7), men på andra objekt som t ex Fd Marskinskrotningsplats (objekt 9) och Transformatorupplag samt plats för demontage av elkrantar (objekt 10) uppmättes lägre och mycket lägre halter än förväntat.

På vissa objekt påträffades även höga halter av tungmetaller. Det är framförallt i samlingsproverna för skrotgårdarna i Kiruna och Malmberget (objekt 1 och 15) där högre metallhalter upptäcktes, men även i metallanalyserna för F d Skrotuppsamlingsplats (objekt 13) uppvisade höga metallhalter. De metaller som påträffats och som har en hög miljörisk är främst arsenik och kvicksilver, men även zink, koppar, bly och nickel. De platser där tungmetaller hittades är också de objekt där de förväntades förekomma.

Den största orsaken till föroreningarna på LKAB:s industriområden är hanteringsrutinerna, framförallt längre tillbaka i tiden men även idag. I vissa fall finns bra anvisningar, som tyvärr inte alltid följs (t ex lagring av oljefat utanför ladorna på Blå ladan (objekt 2) och KCK (objekt 12), men andra fall finns inte tillräckliga anordningar för att förhindra spill (t ex tratten vid Blå ladan (objekt 2) samt slangar som ligger på marken vid PC 5 (objekt 3) och Oljefläck vid cisternen (objekt 4)).

För att förbättra hanteringsrutinerna är det viktigt att öka miljömedvetenheten hos personalen. Liksom att personalen följer den handlingsplan som finns utifall att en olycka sker där föroreningar kommer ut i miljön. En annan viktig del i miljöarbetet innebär att miljöaspekterna inkluderas redan på planeringsstadierna vid nya projekt.

5.2 MIFO

Det finns många fördelar med en metod som MIFO. Det finns klara instruktioner för vad som skall göras och är lätt att använda. För myndigheterna är det en bra och enkel metod som underlättar jämförelse mellan olika objekt. Men det finns även många nackdelar som man måste vara medveten om för att tolka resultaten på ett riktigt sätt och för att kunna bedöma tillförlitligheten hos underlaget. Det största problemet är att man gör generella antaganden om klimat, geologi, hydrologi och vegetation, trots att det finns stora variationer runt om i Sverige.

Genom att använda MIFO finns det en risk att man missar förorenade områden, framförallt eftersom MIFO Fas 1 inte är baserad på provtagning och analyser. Viktig information kanske inte kommer fram i fas 1 som är baserad på intervjuer och platsbesök. Detta innebär att ett förorenat objekt kanske inte har prioriterats till MIFO Fas 2 trots att där finns höga halter av föroreningar.

Mycket av modellen bygger mer på föroreningarna och deras effekter än vad som händer med dem i marken och vilka processer som påverkar lösligheten och interaktionerna mellan föroreningen och markpartiklarna. Enligt MIFO tar man hänsyn till halten organiskt material, men endast i liten utsträckning övriga komponenter som t ex mineralsammansättningen. En kemisk faktor som har stor betydelse för hur metaller uppträder i mark är pH som inte är upptagen i som parameter för undersökning av jord i MIFO.

5.1 Förslag till fortsatta åtgärder

Nedan ges rekommendationer för varje enskilt objekt angående fördjupade undersökningar, saneringar samt åtgärder för att förhindra ytterligare förorening.

Objekt 1 Skrotgården

De analyser som har gjorts visar att marken på skrotgården innehåller både organiska föreningar och tungmetaller. För att bättre kunna bedöma föroreningarnas koncentrationer och mängden förorenad jord bör en fördjupad undersökning genomföras. I vår undersökning kunde grundvattenrör inte placeras ut eftersom skruvborren inte gick att använda i det grova fyllnadsmaterialet, men detta skulle annars vara ett sätt att studera föroreningarnas spridning och risk för påverkan i den närliggande recipienten Luossajärvi. Ett alternativ till metoden med skruvborr som användes under denna undersökning är att installera Joelrör.

Objekt 2 Blå ladan

Byggnaden Blå ladan är uppsamlingsplats och mellanlagring för spillolja och spillfetter. Viss lagring sker även utanför byggnaden och det är denna lagring som orsakar oljeföroreningarna på objektet. Det finns regler för hur oljeavfallet skall hanteras och det är viktigt att dessa efterlevs. Detta innebär t ex att spilloljefaten endast skall placeras innanför väggar och under tak och att den tratt som finns används vid påfyllnad av oljefaten. Tratten som finns utanför byggnaden är till för att underlätta påfyllnaden av oljefaten, men eftersom oljehantering inte sköts ordentligt hamnar olja på marken och det saknas anordning för uppsamling av spillet.

De halter som uppmättes är inte så höga att objektet sannolikt bör saneras men denna undersökning bör kompletteras med en mer detaljerad studie. Detta för att säkrare kunna bedöma saneringsbehovet.

En av sakerna man bör undersökas närmare är spridningen både på djupet och horisontellt. Genom att analysera de prover som lagrats av LKAB går det att få information om den horisontella spridningen.

Objekt 3 Panncentralen PC 5

Det förorenade området är relativt litet, men har höga koncentrationer av olja och bör därför åtgärdas. När man överväger olika saneringsalternativ måste hänsyn tas till byggnaden på platsen samt högspänningskabeln, som löper längs med husväggen.

Ett alternativ är att göra en fördjupad undersökning, för att ta reda på om föroreningen spridit sig, det andra alternativet är att inleda saneringen. Ur ekonomisk synvinkel är en fördjupad undersökning dyrare än att bara gräva bort jorden och behandla den ex situ. I det här fallet kanske man också ska titta på någon metod för att sanera in situ på grund av byggnaden som ligger precis vid objektet.

Även inom detta objekt måste hantering förbättras. Till exempel finns det vid det förorenade området slangar som någon försökt täta med en trasa, men läckage sker fortfarande. Ett förslag är att det på platsen finns en uppsamlingsanordning som fångar upp föroreningar vid spill.

Objekt 4 Oljefläck vid cisternen

Det förorenade området vid cisternerna är litet och troligtvis ganska koncentrerat, den totala oljehalten ligger något under riktvärdet för Kapten 160. I detta fall rekommenderas inga ytterligare undersökningar, men området bör sannolikt saneras. Genom att arbeta med en grävsropa och en petroflag som är kalibrerad enligt fraktionsanalysen kan man få bort hela den förorenade massan ganska enkelt och billigt. Om mer detaljerad information behövs kan resterande prover från denna undersökning analyseras.

Det är också önskvärt reda ut hur oljan spilldes på platsen för att förhindra liknande olyckor eller läckage inträffar igen.

Objekt 5 Tankställe vid M-husen och bussgaraget

Det är svårt att säga hur stor volym som har blivit förorenad och den totala mängden förorening utifrån denna undersökning. Därför rekommenderas en fördjupad undersökning som ger svar på hur stor volym som har förorenats, halterna och om det sker en spridning. Utifrån en fördjupad undersökning kan man besluta om området bör saneras eller ej.

Rutinerna vid tankning måste ändras för att minimera spillet. Toppfyllning av fordon leder endast till små spill, men under loppet av en dag blir det en större mängd och under loppet av flera år får man slutligen en förorenad massa. LKAB bör också titta närmare på hur man kan minska spridningen av det oavsiktliga spillet, t ex en teknisk lösning för uppsamling av spill.

Objekt 6 Industritippen (Gamla soptippen)

För att kunna ta reda på föroreningssituationen på Industritippen bör en grundligare undersökning göras, och den måste utföras med andra metoder än de som användes i denna studie. Att borra sig ner i tippen är fortfarande ett svårt och olämpligt angreppssätt både på grund av storleken på tippen men också beroende på andra faktorer så som övertäckningen med både flera meter gråberg och ett topplager av slam. Det viktigaste inför en framtida detaljerad undersökning är att noggrant studera hydrologin, för att få reda på vattnets väg genom tippen och vart det tar vägen. Rinner vattnet ner i gruvan behöver ingen åtgärd vidtas men rinner det ut i naturen bör man ta reda på var utströmningsområdena finns.

Objekt 7 Oljegropar på jordtippen

I oljegroparna i Svappavaara finns mycket höga halter av organiska föreningar. Att det även finns höga halter av föroreningar i moränlagret under oljegroparna visar på att det finns en viss spridning. För detta objekt rekommenderas en detaljerad undersökning för att närmare kartlägga föroreningshalterna i och utanför oljegroparna, samt för att beräkna den sammanlagda volymen av förorenad jord. Grundvattennivå bör också bestämmas för att kunna ta med detta i spridningsberäkningarna.

Eftersom det finns indikationer på att spridning av föroreningarna förekommer bör en detaljerad undersökning göras så snart som möjligt. Innan beslut fattas om sanering bör man dock invänta resultaten från de saneringsförsök som pågår för vid en liknande oljedeponi i Kiruna, Kapten 160.

Objekt 8 Transformatorplats

En noggrannare undersökning av objektet rekommenderas, eftersom ytprovet som analyserades innehöll en hög oljehalt. Problemet med provtagningen låg i svårigheten att komma ner till jordlager under makadamen. Det är dessa djupare lager som behöver provtas och analyseras för att man ska få en bild av föroreningssituationen.

Objekt 9 F d Maskinskrotningsplats

Även om analyserna i denna undersökning inte visade på förhöjda halter kan det dock vara av intresse att undersöka det vidare eftersom det är ett väldigt stort område (ca 8000 m²) och det är lätt att missa delområden med höga koncentrationer. Vid undersökningen togs många prov som nu lagras av LKAB, innan man beslutar om en detaljerad undersökning bör dessa analyseras. Objektet har inte prioritering varken ur detaljerad undersökning-, sanerings- eller rutin synpunkt eftersom det inte används idag och de låga förorenings halterna.

Objekt 10 Transformatorupplag samt plats för demontage av elkranar

För tillfället ges inga vidare rekommendationer angående rutiner, fördjupade undersökningar eller saneringar eftersom analyser inte visade på några högre halter trots att en riktad undersökning utfördes.

Objekt 11 F d spillfett- och oljeupplag

Inga vidare undersökningar rekommenderas, eftersom analyserna inte visade på några förhöjda föroreningshalter. Det är troligtvis så att det mesta av de föroreningar som möjligtvis fanns på området fraktades bort vid den ytliga saneringen som utfördes.

Objekt 12 KCK

Framförallt är det viktigt att förändra hanteringsrutinerna på detta objekt. Det finns i anknytning till objektet en byggnad som har som ändamål att fungera som mellanlagring av spillolja och -fetter. Trots detta står en stor mängd förvaringsfat, vissa av dem trasiga, runtomkring på området och det finns synligt spill på ett flertal platser.

LKAB planerar att gräva upp föroreningarna på objektet och behandla de förorenade massorna ex situ under sommaren 2006 (muntliga uppgifter Pia Lindholm).

Objekt 13 F d skrotuppsamlingsplats

Resultaten från analyserna för detta objekt visar att det finns både metall- och oljeföroreningar. Det finns ett behov av mer information för att få en klarare bild av föroreningssituationen. Under denna undersökning togs många prover och de flesta är inte analyserade, därför rekommenderas att dessa prover analyseras först. Därefter kan man ta ställning till om en fördjupad undersökning behöver göras.

Objekt 14 Nuvarande tankplats

En undersökning måste genomföras på objektet och liksom på tankplatsen i Kiruna (objekt 5) bör åtgärder vidtas för att minska dieselspillet rent allmänt.

Objekt 15 Skrotgården

Det finns många olika föroreningar på skrotgården i Malmberget: organiska föreningar, PAH, arsenik och kvicksilver. För detta objekt rekommenderas ett urval av de resterande prover, som lagras av LKAB, analyseras och att därefter ta beslut om en eventuell fördjupad undersökning. Trots att föroreningshalterna inte var höga visar undersökningen att där finns både metaller och organiska föreningar.

Det sker redan en viss sortering av skrotet på objektet, och uppsamling av vissa skrotdelar i containrar, men det finns även brister i rutinerna då t ex batterier ligger utanför containrarna.

Det fanns inga föroreningar i grundvattenproverna som togs nedanför skrotgården, men det bör provtas med jämna mellanrum och hållas under uppsikt.

Objekt 16 Transformator vid borrarlipen

Spridningsrisken är liten eftersom objektet är relativt skyddat av byggnaden, tak och asfalt. Därför ges inga vidare rekommendationer för tillfället angående fortsatta undersökningar. Om andra åtgärder utförs runt objektet, t ex rivning av byggnaden eller skrotning av transformatorerna, bör man på nytt ta ställning till vad som skall göras. En fördjupad undersökning kan då bli nödvändig för att noggrannare bestämma volymen förorenad jord och föroreningshalterna.

6. Referenser

Alexander, Martin. 2001. *Biodegradation and Bioremediation*, Second edition. Academic Press.

Barch, Åke. 2003. *LKABs historia*. LKAB, JOB Reklambyrå, Luleå Grafiska.

Connell, Des W. 1997. *Basic concepts of Environmental Chemistry*. Lewis publishers, CRC Press LLC.

Davidsson, Lars. 2003. *Rapport: Fd Rydö impregneringsver, Rydöbruk – översiktlig miljöteknisk markundersökning*. WSP Environmental, Avd. Mark och Vatten. WSP Uppdragsnr: 10035694.

Hansson K. E. 1999. *History and geology of the Kiruna area*. LKAB, Kiruna.

Johansson, Ulf. 2002. *Elektrifiering av Hamnbanan – MKB, Banverket, Västra banregionen. Rapport – Översiktlig miljögeoteknisk undersökning av Hamnbanan mellan Kville- och Skandiabangården (nedre) (RMgeo)*. Tyréns Infrakonsult AB. Uppdragsnummer: 64045-031-04.

McBride, Murray B. 1994. *Environmental chemistry of soils*. Oxford University press.

Naturvårdsverket. 1996. *Generella riktvärden för förorenad mark – beräkningsprinciper och vägledning för tillämpning*. NV rapport 4638.

Naturvårdsverket. 1997. *Development of generic guideline values – models and data used for the development of generic guideline values for contaminated soils in Sweden*. NV rapport 4639.

Naturvårdsverket. 1998a. *Vägledning för miljötekniska undersökningar, del 1: Strategi*. Rapport 4310.

Naturvårdsverket. 1998b. *Vägledning för miljötekniska undersökningar. Del 2: Fälthandboken*. Rapport 4311.

Naturvårdsverket. 1998c. *Förslag till riktvärden för förorenade bensinstationer*. NV rapport 4889.

Naturvårdsverket. 1998d. *Efterbehandling av förorenade områden – vägledning för planering och genomförande av efterbehandlingsprojekt*. NV rapport 4803.

Naturvårdsverket. 2002. *Metodik för inventering av förorenade områden - Bedömningsgrunder för miljökvalitet*. Rapport 4918.

Naturvårdsverket. 2003. *Efterbehandling av förorenade områden – Kvalitets manual för användning och hantering av bidrag till efterbehandling och sanering*. Manual efterbehandling, utgåva 1.

Svenska Geotekniska Föreningen. 1996. *Geoteknisk fälthandbok, Allmänna råd och metodbeskrivningar*. Rapport 1:96.

Svenska geotekniska föreningen. 2001. *Fälthandbok, Miljötekniska markundersökningar*. Rapport 1:2001.

Warfvinge, Per. 1997. *Miljökemi – miljövetenskap i biokemiskt perspektiv*. KFS i Lund, ISBN 91-88558-18-5.

Muntliga källor

Tina Hedlund, 2004. Anställd på Yttre Miljö, LKAB.

Inge Karlsson, 2004. LKAB, Malmberget.

Hans-Åke Kleemo, 2004. LKAB, Kiruna.

Pia Lindholm, 2005. Anställd på Projekt, LKAB.

Sigurd Pekkari, 2004. LKAB, Kiruna.

Sture Ringholt, 2004. LKAB, Svappavaara.

Susanne Rostmark, 2004. Anställd på Projekt, LKAB.

Rune Skarpsvärd, 2004. LKAB, Kiruna.

Evert Stålnacke, 2004. LKAB, Svappavaara.

Internetreferenser

Amptek, 2004. www.amptek.com/xrf.html

Analytica, 2004. www.analytica.se

Duotec, 2004. www.duotec.nu/teknisk_info/pid_sensorer.htm

Institutet för miljömedicin, 2004. www.imm.ki.se

LKAB, 2004. www.lkab.com

Naturvårdsverket, 2004. www.naturvardsverket.se

MRM, 2004. www.mrm.se

Bilaga 1: Provtagningsplanering

Kiruna

Objekt	Provtagning	Analyser	Kommentarer
Skrotgården	4 hål på 3 m 6 hål på 1 m 3 grundvattenprover	1 Samlingsprov 10 PID 10XRF	Hål ska tas både på skrotgården samt utanför ned mot Luossajärvi. Ett grundvattenprov inne på skrotgården samt 2 utanför ned mot sjön.
Blå ladan	2 hål på 2 m 4 hål på 1 m Ev grundvattenprov	2 GC-FID 6 PID 2 XRF 1 PCB 1 kvicksilver	Två djupare hål görs samt 4 grundare varav minst två utanför det markerade området för avgränsning mot Luossajärvi.
PC5	Manuell grävning 2 hål på 2 m 2 hål på 1 m	2 GC-FID 6 PID	Börja med manuell grävning för att få en uppfattning om djup. Två djupare hål görs inom det markerade området samt ytterligare två utanför för avgränsning.
Tankställe vid M-hus	1 hål på 3 m 3 hål på 1(-3) m	1 GC-FID 4 PID	Ett djupare hål görs rakt under pumpen samt tre grundare (?) för att avgränsa.
Oljefläck mellan cistern och järnvägsspår	Manuell grävning 1 hål på 3 m 2 hål på 2 m	1 GC-FID 4 PID	Manuell grävning till att börja med för att få uppfattning om djup. Ett djupare hål mitt i fläcken samt två utanför för avgränsning.
Industritippen	4 hål på 1 m	1 samlingsprov 4 PID 4 XRF	Alla borrhningar görs precis nedanför skrotgården.

Svappavaara

Objekt	Provtagning	Analyser	Kommentarer
Oljegroparna	3 st grävgröpar	3 GC-FID 9 PID 3 XRF 1 PCB	Tre gropar grävs i anslutning till oljegroparna. GC-FID från varje grop. Syn- och luktintryck mkt viktiga!
Transformator	1 hål på 2(-3) m 2 hål på 2(-3) m	1 GC-FID 4 PID 1 PCB 1 XRF	Ett djupare hål görs inom området. Två hål utanför området för att avgränsa spridningen.
Fd Maskinskrotningsplats	4 hål på 2 m 3 hål på 1 m	1 Samlingsprov 7 PID 7 XRF	Samlingsprov tas från alla hål. PID och XRF från alla hål. Eventuellt något hål ner mot dagbrottet om möjligt.

Transformatoruplag	3 hål på 2 m 3 hål på 1 m	1 Samlingsprov 6 PID 6 XRF 1 PCB	Samlingsprov tas från alla hål och PID och XRF görs på alla punkter. Ett PCB-prov skickas för analys.
Fd spillfett- och oljeupplag	2 hål på 2 m 3 hål på 1 m	1 Samlingsprov 5 PID	Samlingsprov från alla hål. Eventuellt görs ett hål i sluttningen nedanför för avgränsning.

Malmberget

Objekt	Provtagning	Analyser	Kommentarer
KCK	3 hål på 2 m 3 hål på 1 m	1 samlingsprov 6 PID 6 XRF	Eventuellt även något prov från andra sidan ”gråbergshögen”.
Fd skrotuppsamlingsplats	4 hål på 2 m 6 hål på 1m	1 samlingsprov 10 PID 10 XRF	Mkt stort område. Inga hål där vägarna går.
Nuvarande tankställe	2 hål på 2 m 2 hål på 1 m	2 GC-FID 4 PID	Hål nedanför pumparna om möjligt.
Skrotgården	4 hål på 2 m 4 hål på 1m	1 samlingsprov 8 PID 8 XRF	Eventuellt 2 samlingsprov, ett från varje del av skrotgården.
Transformator vid borrarlipen	2 hål på 2 m 2 hål på 1 m	2 GC-FID 4 PID 4 XRF 1 PCB	Försök att borra rakt nedanför om möjligt.

Bilaga 2. Objekt information

Objekt 1. Skrotgården

Sammanställning av fältprotokollen

Ort: Kiruna

Provtagningsdatum: 2004-06-28

Väder: Ca 15°C, växlande molnighet.

Observatör: Camilla Esberg och Linda Dahlström

Provtagningsmetod: Skruvborr

Borrare: Mattias Lundberg, WSP, Luleå.

Maskin: GeoMaskin 75

Provpunkt	Koordinater	Djup (m)	Jordart	PID	Anmärkning
1	X: 7535255 Y: 1684262	0-0,8	Fyllning bestående av sand, grus och sten.	18	Omöjligt att få upp prover nedanför 1 m då fyllningen endast bestod av sprängsten. Trasig borr.
2	X: 7535237 Y: 1684246	0-0,4	Fyllning bestående av sand, grus och sten.	16	Trasig borr
		0,4-0,8	Fyllning bestående av sand, grus och sten.	5,4	Trasig borr
3	X: 7535218 Y: 1684235	0-0,4	Fyllning bestående av sand, grus och sten.	1,7	Trasig borr
		0,4-0,8	Fyllning bestående av sand, grus och sten.	2,2	Trasig borr
4	X: 7535201 Y: 1684230	0-0,8	Fyllning bestående av sand, grus och sten.	1,8	Trasig borr
5	X: 7535182 Y: 1684206	0,4-0,8	Fyllning bestående av sand, grus och sten.	2,3	Omöjligt att få upp prover nedanför 1 m då fyllningen endast bestod av sprängsten. Trasig borr.
6	X: 7535207 Y: 1684197	0-0,7	Fyllning bestående av sand, grus och sten.	2,6	Två lager, men fortfarande fyllning. För lite för två enskilda prov. Trasig borr.
7	X: 7535231 Y: 1684211	0-1,0	Fyllning bestående av sand, grus och sten.	13	Ny borr.
8	X: 7535264 Y: 1684226	0-0,5	Fyllning bestående av sand, grus och sten.	3,3	
		0,5-1,0	Fyllning bestående av sand, grus och sten.	3,2	

Övrigt: Försök gjordes att sätta ut grundvattenrör utanför skrotgården, ner mot Luossajärvi. Det var dock svårborrat och inget grundvatten hittades.

Analysresultat

ELEMENT			ELEMENT		
SAMPLE 1			SAMPLE 1		
samlings- prov jord			samlings- prov jord		
TS_105°C	%	96	TS_105°C	%	96
fraktion >C10-C12	mg/kg TS	<5,0	diklormetan	mg/kg TS	<0,80
fraktion >C12-C16	mg/kg TS	19	1,2-dikloreten	mg/kg TS	<0,10
fraktion >C16-C35	mg/kg TS	540	1,2-diklorpropan	mg/kg TS	<0,10
bensen	mg/kg TS	<0,020	triklormetan	mg/kg TS	<0,030
toluen	mg/kg TS	<0,10	tetraklormetan	mg/kg TS	<0,010
etylbenzen	mg/kg TS	<0,020	1,1,1-trikloreten	mg/kg TS	<0,010
summa xylener	mg/kg TS	<0,050	1,1,2-trikloreten	mg/kg TS	<0,040
summa TEX	mg/kg TS	<0,09	trikloreten	mg/kg TS	<0,010
styren	mg/kg TS	<0,040	tetrakloreten	mg/kg TS	<0,020
naftalen	mg/kg TS	0,3	monoklorbensen	mg/kg TS	<0,010
acenaftylen	mg/kg TS	<0,10	diklorbensener	mg/kg TS	<0,10
acenaften	mg/kg TS	<0,015	1,2,3-triklorbensen	mg/kg TS	<0,020
fluoren	mg/kg TS	0,079	1,2,4-triklorbensen	mg/kg TS	<0,030
fenantren	mg/kg TS	<0,050	1,3,5-triklorbensen	mg/kg TS	<0,050
antracen	mg/kg TS	<0,020	1234-tetraklorbensen	mg/kg TS	<0,010
fluoranten	mg/kg TS	<0,050	1245/1235-tetraklorbensen	mg/kg TS	<0,020
pyren	mg/kg TS	<0,050	pentaklorbensen	mg/kg TS	<0,010
*bens(a)antracen	mg/kg TS	<0,020	hexaklorbensen	mg/kg TS	<0,010
*krysen	mg/kg TS	<0,037	2-monoklorfenol	mg/kg TS	<0,020
*bens(b)fluoranten	mg/kg TS	0,023	3-monoklorfenol	mg/kg TS	<0,020
*bens(k)fluoranten	mg/kg TS	0,0087	4-monoklorfenol	mg/kg TS	<0,020
*bens(a)pyren	mg/kg TS	0,011	2,3-diklorfenol	mg/kg TS	<0,020
*dibens(ah)antracen	mg/kg TS	<0,010	2,4+2,5-diklorfenol	mg/kg TS	<0,040
benso(ghi)perylen	mg/kg TS	0,033	2,6-diklorfenol	mg/kg TS	<0,020
*indeno(123cd)pyren	mg/kg TS	<0,034	3,4-diklorfenol	mg/kg TS	<0,020
summa 16 EPA-PAH	mg/kg TS	0,45	3,5-diklorfenol	mg/kg TS	<0,020
*PAH cancerogena	mg/kg TS	0,043	2,3,4-triklorfenol	mg/kg TS	<0,020
PAH övriga	mg/kg TS	0,41	2,3,5-triklorfenol	mg/kg TS	<0,020
As	mg/kg TS	4	2,3,6-triklorfenol	mg/kg TS	<0,020
Ba	mg/kg TS	54	2,4,5-triklorfenol	mg/kg TS	<0,020
Cd	mg/kg TS	0,22	2,4,6-triklorfenol	mg/kg TS	<0,020
Co	mg/kg TS	42	3,4,5-triklorfenol	mg/kg TS	<0,020
Cr	mg/kg TS	35	2,3,4,5-tetraklorfenol	mg/kg TS	<0,020
Cu	mg/kg TS	740	2,3,4,6-tetraklorfenol	mg/kg TS	<0,020
Hg	mg/kg TS	0,06	2,3,5,6-tetraklorfenol	mg/kg TS	<0,020
Mo	mg/kg TS	3,6	pentaklorfenol	mg/kg TS	<0,020
Ni	mg/kg TS	59			
Pb	mg/kg TS	32			
Sn	mg/kg TS	<5,0			
V	mg/kg TS	240			
Zn	mg/kg TS	67			

ELEMENT SAMPLE 1			ELEMENT SAMPLE 1:4		
samlingsprov jord			0-0,8 m		
TS_105°C	%	96	TS	%	99,8
pcb 28	mg/kg TS	<0,0030	As	mg/kg TS	8,63
pcb 52	mg/kg TS	<0,0030	Ba	mg/kg TS	78,6
pcb 101	mg/kg TS	<0,0030	Be	mg/kg TS	2,28
pcb 118	mg/kg TS	<0,0030	Cd	mg/kg TS	1,53
pcb 138	mg/kg TS	<0,0030	Co	mg/kg TS	34,3
pcb 153	mg/kg TS	<0,0030	Cr	mg/kg TS	19,8
pcb 180	mg/kg TS	<0,0030	Cu	mg/kg TS	1200
summa 7 st pcb	mg/kg TS	<0,025	Fe	mg/kg TS	44400
o,p'-DDT	mg/kg TS	<0,010	Li	mg/kg TS	19,1
p,p'-DDT	mg/kg TS	<0,010	Mn	mg/kg TS	711
o,p'-DDD	mg/kg TS	<0,010	Mo	mg/kg TS	5,59
p,p'-DDD	mg/kg TS	<0,010	Ni	mg/kg TS	39
o,p'-DDE	mg/kg TS	<0,010	P	mg/kg TS	8230
p,p'-DDE	mg/kg TS	<0,010	Pb	mg/kg TS	656
aldrin	mg/kg TS	<0,010	Sr	mg/kg TS	22,7
dieldrin	mg/kg TS	<0,010	V	mg/kg TS	59,3
endrin	mg/kg TS	<0,010	Zn	mg/kg TS	273
isodrin	mg/kg TS	<0,010			
telodrin	mg/kg TS	<0,010			
alfa-HCH	mg/kg TS	<0,010			
beta-HCH	mg/kg TS	<0,010			
lindan	mg/kg TS	<0,010			
heptaklor	mg/kg TS	<0,010			
cis-heptaklorepoxyd	mg/kg TS	<0,010			
trans-heptaklorepoxi	mg/kg TS	<0,010			
alfa-endosulfan	mg/kg TS	<0,010			

Objekt 2: Blå ladan

Sammanställning av fältprotokollen

Ort: Kiruna

Provtagningsdatum: 2004-06-28

Väder: Ca 15°C, växlande molnighet.

Observatör: Camilla Esberg och Linda Dahlström

Provtagningsmetod: Skruvborr

Borrare: Mattias Lundberg, WSP, Luleå.

Maskin: GeoMaskin 75

Provpunkt	Koordinater	Djup (m)	Jordart	PID	Anmärkning
1	X: 7535341 Y: 1684521	0-0,5	Fyllning.	1,5	
		0,5-1,0	Fyllning	2,4	
2	X: 7535345 Y: 1684528	0-0,5	Fyllning, stenig.	2,2	
		0,5-1,0	Fyllning, siltig.	1,4	
		1-1,4	Fyllning, siltig.	3,8	
		1,4-2,0	Fyllning, grusig.	3,6	
3	X: 7535348 Y: 1684544	0	Fyllning	1,5	Ytprov, oljefläck med stark lukt av olja.
		0-1,0	Fyllning	2,6	
4	X: 7535333 Y: 1684551	0-1,0	Fyllning	1,4	Asfalt överst. Omblandat, svårt att ta.
5	X: 7535359 Y: 1684540	0-0,5	Fyllning, grusig.	1,3	Tydlig oljefläck med lukt. Svårprovtaget.
		0,5-1,0	Fyllning, grusig.	1,0	Svårprovtaget.
6	X: 7535354 Y: 1684522	0-0,5	Fyllning, grusig.	2,6	Svårprovtaget.
		0,5-1,0	Fyllning, grusig.	2,5	Svårprovtaget.
		1,0-2,0	Fyllning, grusig.	2,5	Svårprovtaget.

Övrigt:

Analysresultat

ELEMENT	SAMPLE	2:3	2:5
		0-1,0 m jord	0-0,5 m jord
TS_105°C	%	95,9	95,0
olja	mg/kg TS	990	4000

Objekt 3: Panncentralen PC 5

Sammanställning av fältprotokollen

Ort: Kiruna

Provtagningsdatum: 2004-06-30

Väder: 6°C, ihållande regn.

Observatör: Linda Dahlström

Provtagningsmetod: Skruvborr

Borrare: Mattias Lundberg, WSP, Luleå.

Maskin: GeoMaskin 75

Provpunkt	Koordinater	Djup (m)	Jordart	PID	Anmärkning
1	X: 7535191 Y: 1684354	0-0,5	Fyllning, grusig	4,4	Olja, svart, geggigt.
		0,5-1,0	Fyllning, grusig	2,9	
		1,0-2,0	Fyllning, grusig	2,4	
2	X: 7535191 Y: 1684369	0-1,0	Fyllning, grusig	8,4	Provtagning i vattenpöl med olja i. Geggigt. Asfalt.
3	X: 7535186 Y: 1684355	0-0,5	Fyllning, grusig/sandig.	3,7	
		0,5-1,0	Fyllning, grusig/sandig.	4,3	
		1,0-1,5	Fyllning, grusig/sandig.	5,3	
		1,5-2,0	Fyllning, grusig/sandig.	5,1	

Övrigt: Högsämskablarna låg under marken vid det förorenade området vilket gjorde att provpunkterna fick flyttas något. Därför togs inget prov i det område som såg mest förorenat ut på ytan.

Analysresultat

ELEMENT	SAMPLE	3:1	3:2
		0-0,5 m jord	0-1,0 m jord
TS_105°C	%	89,9	91,9
olja	mg/kg TS	12000	5600

Objekt 4: Oljefläck vid cisternen

Sammanställning av fältprotokollen

Ort: Kiruna

Provtagningsdatum: 2004-06-28

Väder: Ca 15°C, växlande molnighet.

Observatör: Camilla Esberg och Linda Dahlström

Provtagningsmetod: Skruvborr

Borrare: Mattias Lundberg, WSP, Luleå.

Maskin: GeoMaskin 75

Provpunkt	Koordinater	Djup (m)	Jordart	PID	Anmärkning
1	X: 7535337 Y: 1684463	0-0,5	Fyllning, grusig.	1,5	Tydlig fläck och lukt. Vattenpöl i mitten med olja i. Olaj synligt översta 0,15 m.
		0,5-1,0	Fyllning, grusig.	5,3	Stopp vid 1,10 m.
2	X: 7535340 Y: 1684463	0-0,5	Fyllning, grusig.	1,6	Svag oljefläck.
		0,5-1,0	Fyllning, grusig/siltig.	2,0	

Övrigt:

Analysresultat

ELEMENT	SAMPLE	4:1
		0-0,5 m jord
TS_105°C	%	95,5
olja	mg/kg TS	4200

Objekt 5: Tankställe vid M-husen och bussgaraget**Sammanställning av fältprotokollen**

Ort: Kiruna

Provtagningsdatum: 2004-06-30

Väder: Ca 6°C, ihållande regn.

Observatör: Linda Dahlström

Provtagningsmetod: Skruvborr

Borrare: Mattias Lundberg, WSP, Luleå.

Maskin: GeoMaskin 75

Provpunkt	Koordinater	Djup (m)	Jordart	PID	Anmärkning
1	X: 7534858 Y: 1684682	0-0,5	Fyllning, grusig/sandig.	331	Asfalt. Stark diesellukt. Svart.
		0,5-1,0	Fyllning, grusig/sandig.	360	Stark diesellukt. Svart.
		1,0-1,5	Fyllning, grusig/sandig.	365	Stark diesellukt.
		1,5-2,0	Fyllning, grusig/sandig.	335	Diesellukt, ej synligt.
2	X: 7534866 Y: 1684682	0-0,5	Fyllning, grusig.	8,4	Asfalt, diesellukt.
		0,5-1,0	Fyllning, grusig.	5,4	Diesellukt.
3	X: 7534861 Y: 1684689	0,2-1,0	Fyllning grusig/sandig.	250	Asfalt. Stark diesellukt.
4	X: 7534857 Y: 1684688	0,5-1,0	Fyllning, grusig.	51	Asfalt upptill. Gick ej att ta prov 0-0,5 m. Mkt sten och grus.

Övrigt:

Analysresultat

ELEMENT	SAMPLE	5:1	5:1
		0-0,5 m jord	1,5-2,0 m jord
TS_105°C	%	91,3	91,4
olja	mg/kg TS	6900	7600

Objekt 6: Industritippen (Gamla soptippen)**Sammanställning av fältprotokollen**

Ort: Kiruna

Provtagningsdatum: 2004-06-30

Väder: Ca 6°C, ihållande regn.

Observatör: Camilla Esberg och Linda Dahlström

Provtagningsmetod: Grundvattenrör nedsatta med hjälp av skruvborr.

Borrare: Mattias Lundberg, WSP, Luleå.

Maskin: GeoMaskin 75

Provpunkt	Koordinater	Djup (m)	Jordart	PID	Anmärkning
GV0401	X: 7530520 Y: 1684684	Röret 4,94 m under mark, vattnet går in sista metern.	Siltig, sandig morän	-	Röret beläget ca 20 m från tippens nedre kant.
GV0402	X: 7530557 Y: 1684637	Röret 4,96 m under mark, vattnet går in näst sista metern.	Siltig, sandig morän	-	Röret beläget ca 10 m från tippens nedre kant. Inte mkt vatten.

Övrigt:

Analysresultat

ELEMENT	SAMPLE	GV0401 Grund- vattenprov	ELEMENT	SAMPLE	GV0401 Grund- vattenprov
Dekantering			Ja		
fraktion >C10-C12	µg/l	<10	diklormetan	µg/l	<6,0
fraktion >C12-C16	µg/l	<10	1,2-dikloreten	µg/l	<1,0
fraktion >C16-C35	µg/l	<20	1,2-diklorpropan	µg/l	<1,0
bensen	µg/l	<0,20	triklormetan	µg/l	<0,30
toluen	µg/l	<0,50	tetraklormetan	µg/l	<0,10
etylbenzen	µg/l	<0,10	1,1,1-trikloreten	µg/l	<0,10
summa xylener	µg/l	<0,50	1,1,2-trikloreten	µg/l	<0,20
summa TEX	µg/l	<0,55	trikloreten	µg/l	<0,10
styren	µg/l	<0,20	tetrakloreten	µg/l	<0,20
naftalen	µg/l	<0,20	monoklorbensen	µg/l	<0,10
acenaftalen	µg/l	<0,10	diklorbensener	µg/l	<0,30
acenaften	µg/l	<0,025	1,2,3-triklorbensen	µg/l	<0,10
fluoren	µg/l	<0,020	1,2,4-triklorbensen	µg/l	<0,20
fenantren	µg/l	<0,020	1,3,5-triklorbensen	µg/l	<0,30
antracen	µg/l	<0,013	1234-tetraklorbensen	µg/l	<0,010
fluoranten	µg/l	<0,020	1245/1235-tetraklorbensen	µg/l	<0,020
pyren	µg/l	<0,020	pentaklorbensen	µg/l	<0,010
*bens(a)antracen	µg/l	<0,010	hexaklorbensen	µg/l	<0,0050
*krysen	µg/l	<0,016	2-monoklorfenol	µg/l	<0,10
*bens(b)fluoranten	µg/l	<0,020	3-monoklorfenol	µg/l	<0,10
*bens(k)fluoranten	µg/l	<0,010	4-monoklorfenol	µg/l	<0,10
*bens(a)pyren	µg/l	<0,010	2,3-diklorfenol	µg/l	<0,10
*dibens(ah)antracen	µg/l	<0,012	2,4+2,5-diklorfenol	µg/l	<0,20
benso(ghi)perylene	µg/l	<0,010	2,6-diklorfenol	µg/l	<0,10
*indeno(123cd)pyren	µg/l	<0,010	3,4-diklorfenol	µg/l	<0,10
summa 16 EPA-PAH	µg/l	<0,42	3,5-diklorfenol	µg/l	<0,10
*PAH cancerogena	µg/l	<0,050	2,3,4-triklorfenol	µg/l	<0,10
PAH övriga	µg/l	<0,37	2,3,5-triklorfenol	µg/l	<0,10
As	µg/l	<0,50	2,3,6-triklorfenol	µg/l	<0,10
Ba	µg/l	75	2,4,5-triklorfenol	µg/l	<0,10
Cd	µg/l	<0,20	2,4,6-triklorfenol	µg/l	<0,10
Co	µg/l	6,9	3,4,5-triklorfenol	µg/l	<0,10
Cr	µg/l	25	2,3,4,5-tetraklorfenol	µg/l	<0,10
Cu	µg/l	39	2,3,4,6-tetraklorfenol	µg/l	<0,10
Hg	µg/l	<0,30	2,3,5,6-tetraklorfenol	µg/l	<0,10
Mo	µg/l	2,7	pentaklorfenol	µg/l	<0,10
Ni	µg/l	11			
Pb	µg/l	2,7			
Sn	µg/l	1,1			
V	µg/l	15			
Zn	µg/l	22			

ELEMENT	SAMPLE	GV0401 Grund- vattenprov	ELEMENT	SAMPLE	GV0402 Grund- vattenprov
pcb 28	µg/l	<0,0011	naftalen	µg/l	<0,20
pcb 52	µg/l	<0,0011	acenaftylen	µg/l	<0,10
pcb 101	µg/l	<0,0008	acenaften	µg/l	<0,025
pcb 118	µg/l	<0,0011	fluoren	µg/l	<0,020
pcb 138	µg/l	<0,0012	fenantren	µg/l	<0,020
pcb 153	µg/l	<0,0011	antracen	µg/l	<0,013
pcb 180	µg/l	<0,0010	fluoranten	µg/l	<0,020
summa 7 st pcb	µg/l	<0,0037	pyren	µg/l	<0,020
o,p'-DDT	µg/l	<0,010	*bens(a)antracen	µg/l	<0,010
p,p'-DDT	µg/l	<0,010	*krysen	µg/l	<0,016
o,p'-DDD	µg/l	<0,010	*bens(b)fluoranten	µg/l	<0,020
p,p'-DDD	µg/l	<0,010	*bens(k)fluoranten	µg/l	<0,010
o,p'-DDE	µg/l	<0,010	*bens(a)pyren	µg/l	<0,010
p,p'-DDE	µg/l	<0,010	*dibens(ah)antracen	µg/l	<0,012
aldrin	µg/l	<0,010	benso(ghi)perylene	µg/l	<0,010
dieldrin	µg/l	<0,010	*indeno(123cd)pyren	µg/l	<0,010
endrin	µg/l	<0,010	summa 16 EPA-PAH	µg/l	<0,42
isodrin	µg/l	<0,010	*PAH cancerogena	µg/l	<0,050
telodrin	µg/l	<0,010	PAH övriga	µg/l	<0,37
a-HCH	µg/l	<0,010	olja	µg/l	<50
b-HCH	µg/l	<0,010			
lindan	µg/l	<0,010			
heptaklor	µg/l	<0,010			
cis-heptaklorepoxyd	µg/l	<0,010			
trans-heptaklorepoxi	µg/l	<0,010			
alfa-endosulfan	µg/l	<0,010			

Objekt 7: Oljegropar på jordtippen

Sammanställning av fältprotokollen

Ort: Svappavaara

Provtagningsdatum: 2004-06-29

Väder: Ca 6°C, kraftigt regn.

Observatör: Camilla Esberg och Linda Dahlström

Provtagningsmetod: Grävskopa.

Provpunkt	Koordinater	Djup (m)	Jordart	PID	Anmärkning
1	X: 7513641 Y: 1722206	0,25-0,27	Oljelager 1	14	
		0,53-0,57	Oljelager 2	14	
		Sandlager under oljelager 2	Sand	0,1	
		Moränlager under sandlager	Morän	337	
2	X: 7513541 Y: 1722277	Ca 1,5 m	Olja	-	
		Ca 1,8 m	Morän	142	

Övrigt:

Analysresultat

ELEMENT	SAMPLE	7:1 oljelager 1 jord	7:1 oljelager 2 jord	7:1 morän jord	7:2 oljelager jord	7:2 morän jord
TS_105°C	%	97	89	87	85	86
alifater >C5-C8	mg/kg TS	#####	#####	<10	#####	<10
alifater >C8-C10	mg/kg TS	#####	#####	120	#####	<10
alifater >C10-C12	mg/kg TS	100	160	1300	1300	46
alifater >C12-C16	mg/kg TS	460	410	2000	3900	240
alifater >C5-C16	mg/kg TS	#####	#####	3400	#####	290
alifater >C16-C35	mg/kg TS	46000	42000	660	38000	230
aromater >C8-C10	mg/kg TS	26	43	130	350	<1,0
aromater >C10-C35	mg/kg TS	61	27	54	4800	<2,0
bensen	mg/kg TS	#####	#####	<0,050	#####	<0,010
toluen	mg/kg TS	#####	#####	<0,30	#####	<0,050
etylbenzen	mg/kg TS	#####	#####	<0,050	#####	<0,050
summa xylener	mg/kg TS	#####	#####	<0,10	#####	<0,050
summa TEX	mg/kg TS	#####	#####	<0,30	#####	<0,080
pcb 28	mg/kg TS	<0.030			<0.030	
pcb 52	mg/kg TS	<0.031			<0.031	
pcb 101	mg/kg TS	<0.032			<0.032	
pcb 118	mg/kg TS	<0.033			<0.033	
pcb 138	mg/kg TS	<0.034			<0.034	
pcb 153	mg/kg TS	<0.035			<0.035	
pcb 180	mg/kg TS	<0.036			<0.036	
summa 7 st pcb	mg/kg TS	<0.11			<0.11	

kunde ej mätas p g a alltför höga halter

Objekt 8: Transformatorplats**Sammanställning av fältprotokollen**

Ort: Svappavaara

Provtagningsdatum: 2004-06-29

Väder: Ca 6°C, ihållande regn.

Observatör: Camilla Esberg

Provtagningsmetod: Sked på ytan.

Provpunkt	Koordinater	Djup (m)	Jordart	PID	Anmärkning
1	X: 7514090 Y: 1721093	Ytan	Makadam		Tog undan makadam ned till 0,4. M, men den fortsätter dock djupare. Ser ej påverkad ut. Pga brist på finkornigt material togs ej prover djupare. På ytan fanns två områden med finare material där prov togs. Koordinaterna tagna i ena hörnet av byggnaden. Se provpunktsbild!

Övrigt:

Analysresultat

ELEMENT	SAMPLE	8:1 ytjord jord
TS_105°C	%	90,5
olja	mg/kg TS	8300

Objekt 9: F d Maskinskrotningsplats

Sammanställning av fältprotokollen

Ort: Svappavaara

Provtagningsdatum: 2004-06-29

Väder: Ca 6°C, ihållande regn.

Observatör: Camilla Esberg och Linda Dahlström

Provtagningsmetod: Skruvborr

Borrare: Mattias Lundberg, WSP, Luleå.

Maskin: GeoMaskin 75

Provpunkt	Koordinater	Djup (m)	Jordart	PID	Anmärkning
1	X: 7514057 Y: 1721139	0-0,5	Fyllning, grusig.	0,9	
		0,5-1,0	Fyllning grusig/siltig.	1,3	Mer siltigt under 0,6 m.
2	X: 7514041 Y: 7511124	0-0,4	Fyllning	2,0	
		0,4-1,0	Siltig, sandig morän.	4,0	
		1,5-2,0	Siltig, sandig morän.	4,2	
3	X: 7514023 Y: 1721137	0-0,5	Fyllning.	2,6	
		0,5-1,0	Sandig, siltig morän.	0,5	
4	X: 7514008 Y: 1721128	0-0,5	Fyllning	3,6	
		0,5-1,0	Sandig, siltig morän.	3,7	Ljusare skikt än ovan.
5	X: 7513981 Y: 1721135	0,3-1,0	Sandig, siltig morän.	3,0	
		1,0-1,5	Sandig, siltig morän.	3,1	
		1,5-2,0	Sandig, siltig morän.	3,5	
6	X: 7513961 Y: 1721109	0-0,5	Fyllning.	1,7	
		0,5-1,0	Sandig, siltig morän.	3,8	
7	X: 7513923 Y: 1721081	0-0,5	Fyllning.	3,0	
		0,5-1,0	Sandig, siltig morän.	3,7	
8	X: 7513921 Y: 1721059	0,5-1,0	Sandig, siltig morän.	1,7	Prov från 0-0,5 m försvunnet.
9	X: 7513940 Y: 1721032	0-0,5	Fyllning.	0,7	
		0,5-1,0	Sandig morän.	3,3	
		1,2-2,0	Sandig morän.	3,3	
10	X: 7513925 Y: 1721026	0,3-0,5	Fyllning.	1,3	
		0,5-1,0		1,8	
11	X: 7513930 Y: 1721009	0-0,5	Fyllning.	3,5	
		0,5-1,0		3,9	

Övrigt:

Analysresultat

ELEMENT	SAMPLE	9:4	9:11
		0-0,5 m jord	0-0,5 m jord
TS_105°C	%	92,4	94,1
olja	mg/kg TS	59	670
naftalen	mg/kg TS	<0,05	
acenaftylen	mg/kg TS	<0,05	
acenaften	mg/kg TS	<0,05	
fluoren	mg/kg TS	<0,05	
fenantren	mg/kg TS	<0,01	
antracen	mg/kg TS	<0,01	
fluoranten	mg/kg TS	<0,01	
pyren	mg/kg TS	<0,01	
*bens(a)antracen	mg/kg TS	<0,01	
*krysen	mg/kg TS	<0,01	
*bens(b)fluoranten	mg/kg TS	<0,02	
*bens(k)fluoranten	mg/kg TS	<0,01	
*bens(a)pyren	mg/kg TS	<0,01	
*dibens(ah)antracen	mg/kg TS	<0,01	
benso(ghi)perylene	mg/kg TS	<0,02	
*indeno(123cd)pyren	mg/kg TS	<0,02	
summa 16 EPA-PAH	mg/kg TS	<0,2	
*PAH cancerogena	mg/kg TS	<0,05	
PAH övriga	mg/kg TS	<0,1	

Objekt 10: Transformatorupplag samt plats för demontage av elkranar

Sammanställning av fältprotokollen

Ort: Svappavaara

Provtagningsdatum: 2004-06-29

Väder: Ca 6°C, ihållande regn.

Observatör: Camilla Esberg och Linda Dahlström

Provtagningsmetod: Skruvborr

Borrare: Mattias Lundberg, WSP, Luleå.

Maskin: GeoMaskin 75

Provpunkt	Koordinater	Djup (m)	Jordart	PID	Anmärkning
1	X: 7513786	0-0,5		2,2	
	Y: 1720930	0,5-1,0		2,1	
2	X: 7513788	0-0,5	Fyllning.	1,6	
	Y: 1720943	0,5-1,0	Fyllning.	2,0	
3	X: 7513791	0-0,5	Fyllning.	4,0	
	Y: 1720949	0,5-1,0	Fyllning.	2,8	
4	X: 7513789	0-0,5	Fyllning.	1,7	
	Y: 1720934	0,5-0,8	Fyllning.	2,4	
5	X: 7513800	0-0,5	Fyllning, sandig/grusig.	3,8	
	Y: 1720929	0,5-1,0	Fyllning, sandig/grusig	1,3	
6	X: 7513797	0-0,6	Fyllning, sandig/grusig	2,5	
	Y: 1720962	0,6-1,0	Fyllning, sandig/grusig	1,9	
7	X: 7513808	0-0,5	Fyllning, sandig/grusig	2,6	
	Y: 1720933	0,5-1,0	Fyllning, sandig/grusig	2,6	
8	X: 7513811	0-0,5	Fyllning, sandig/grusig	1,7	
	Y: 1720944				

Övrigt:

Analysresultat

ELEMENT	SAMPLE	10:3 0-0,5 m jord	10:5 0-0,5 m jord
TS_105°C	%	95,3	97,7
olja	mg/kg TS	<50	<50

Objekt 11: F d spillfett- och oljeupplag

Sammanställning av fältprotokollen

Ort: Svappavaara

Provtagningsdatum: 2004-07-01

Väder: 18°C, växlande molnighet.

Observatör: Linda Dahlström

Provtagningsmetod: Skruvborr

Borrare: Mattias Lundberg, WSP, Luleå.

Maskin: GeoMaskin 75

Provpunkt	Koordinater	Djup (m)	Jordart	PID	Anmärkning
1	X: 7514266 Y: 1720538	0-0,2	Grus	4,2	
		0,2-1,0	Sandig morän	4,6	Brun-röd morän ned till ca 0,6 m sedan grå.
2	X: 7514262 Y: 1720548	0-0,5	Sandig morän + fyllning.	9,1	Övre 20 cm fyllning. 0,2-0,6 m röd-brun sedan grå morän.
		0,5-1,0	Sandig morän.	4,5	
		1,0-1,5	Sandig morän.	4,4	
		1,5-2,0	Sandig morän.	2,0	
3	X: 7514271 Y: 1720548	0-0,5	Fyllning + sandig morän.	5,1	Övre 20 cm fyllning. 0,2-0,6 m röd-brun sedan grå morän.
		0,5-1,0	Sandig morän.	2,5	
4	X: 7514273 Y: 1720560	0-0,5	Fyllning + sandig morän	4,0	Övre 20 cm fyllning. 0,2-0,6 m röd-brun sedan grå morän.
		0,5-1,0	Sandig morän	5,3	
5	X: 7514281 Y: 1720559	0-0,4	Fyllning	5,9	Provet hamnade på golvet i labbet p g a dålig påse.
		0,4-1,0	Sandig morän	5,9	0,4-0,8 m röd-brun morän, sedan grå.
6	X: 7514278 Y: 1720571	0-0,3	Fyllning sten/grus.	4,4	
		0,3-1,0	Sandig morän.	2,5	0,3-0,7 röd-brun morän, sedan grå.
		1,0-1,5	Sandig morän.	4,9	
		1,5-2,0	Sandig morän.	3,4	

Övrigt:

Analysresultat

ELEMENT	SAMPLE	11:2	11:5	11:3
		0-0,5 m jord	0,4-1,0 m jord	0-0,5 m jord
TS_105°C	%	80,7	89,2	86,1
olja	mg/kg TS	<50	<50	64
naftalen	mg/kg TS	<0,05	<0,05	
acenaftilen	mg/kg TS	<0,05	<0,05	
acenaften	mg/kg TS	<0,05	<0,05	
fluoren	mg/kg TS	<0,05	<0,05	
fenantren	mg/kg TS	<0,01	<0,01	
antracen	mg/kg TS	<0,01	<0,01	
fluoranten	mg/kg TS	<0,01	<0,01	
pyren	mg/kg TS	<0,01	<0,01	
*bens(a)antracen	mg/kg TS	<0,01	<0,01	
*krysen	mg/kg TS	<0,01	<0,01	
*bens(b)fluoranten	mg/kg TS	<0,02	<0,02	
*bens(k)fluoranten	mg/kg TS	<0,01	<0,01	
*bens(a)pyren	mg/kg TS	<0,01	<0,01	
*dibens(ah)antracen	mg/kg TS	<0,01	<0,01	
benso(ghi)perylene	mg/kg TS	<0,02	<0,02	
*indeno(123cd)pyren	mg/kg TS	<0,02	<0,02	
summa 16 EPA-PAH	mg/kg TS	<0,2	<0,2	
*PAH cancerogena	mg/kg TS	<0,05	<0,05	
PAH övriga	mg/kg TS	<0,1	<0,1	

Objekt 12: KCK

Sammanställning av fältprotokollen

Ort: Malmberget

Provtagningsdatum: 2004-07-01

Väder: 20°C, sol och blåst.

Observatör: Linda Dahlström

Provtagningsmetod: Skruvborr

Borrare: Mattias Lundberg, WSP, Luleå.

Maskin: GeoMaskin 75

Provpunkt	Koordinater	Djup (m)	Jordart	PID	Anmärkning
1	X: 7464145 Y: 1712336	0-1,0	Fyllning, grusig	4,2	
2	X: 7464158 Y: 1712327	0-0,5	Fyllning, grusig.	68	
		0,5-1,0	Fyllning, grusig.	32	
3	X: 7464149 Y: 1712324	0-0,5	Fyllning, grusig.	8,1	"Gödsel"-liknande lukt. Svart.
		0,5-1,0	Fyllning, grusig.	7,5	Gammal lukt. Svart.
		1,0-2,0	Fyllning, grusig.	8,3	Svart.
4	X: 7464163 Y: 1712315	0-0,3	Fyllning, grusig.	2,0	Luktar illa. Svart.
		0,3-1,0	Sand.	2,9	Luktar illa. Svart.
5	X: 7464168 Y: 1712303	0-0,5	Fyllning, grusig.	4,9	
		0,5-1,0	Fyllning, grusig.	3,6	
6	X: 7464163 Y: 1712289	0-0,5	Fyllning, grusig.	2,3	Svart.
		0,5-1,0	Fyllning, grusig.	2,8	Svart.
7	X: 7464168 Y: 1712286	0-0,5	Fyllning, grusig	4,5	
		0,5-1,0	Fyllning, grusig/sandig.	4,1	
8	X: 7464170 Y: 1712270	0-0,5	Fyllning, grusig.	2,1	
		0,5-1,0	Fyllning, grusig.	4,4	
		1,0-2,0	Fyllning, grusig/sandig.	4,0	

Övrigt: Kabel längs ena långsidan (sidan närmast järnvägsspåren) gjorde att några punkter fick flyttas ut något.

Analysresultat

ELEMENT	SAMPLE	12:2 0-0,5 m jord	12:2 0,5-1,0 m jord	12:3 0-0,5 m jord	12:6 0-0,5 m jord
TS_105°C	%	95,8	95,6	96,0	95,5
olja	mg/kg TS	7100	1100	15000	120

ELEMENT	SAMPLE	12:8 0-0,5 m
TS	%	99,9
As	mg/kg TS	31,5
Ba	mg/kg TS	63,1
Be	mg/kg TS	0,496
Cd	mg/kg TS	0,144
Co	mg/kg TS	18,2
Cr	mg/kg TS	4,05
Cu	mg/kg TS	67,4
Fe	mg/kg TS	16300
Li	mg/kg TS	17,9
Mn	mg/kg TS	90
Mo	mg/kg TS	10,5
Ni	mg/kg TS	22,8
P	mg/kg TS	10200
Pb	mg/kg TS	19,8
Sr	mg/kg TS	28,2
V	mg/kg TS	21
Zn	mg/kg TS	17,5
Hg	mg/kg TS	<1

Objekt 13: F d skrotuppsamlingsplats

Sammanställning av fältprotokollen

Ort: Malmberget

Provtagningsdatum: 2004-07-02

Väder: 15°C, växlande molnighet, blåsig.

Observatör: Camilla Esberg

Provtagningsmetod: Skruvborr, moränprovtagare, norsk grävsropa.

Borrare: Mattias Lundberg, WSP, Luleå.

Maskin: GeoMaskin 75

Provpunkt	Koordinater	Djup (m)	Jordart	PID	Anmärkning
1	X: 7463849 Y: 1712351	0-0,5	Fyllning	2,4	
		0,5-1,0	Sandig/siltig morän.	2,1	
2	X: 7463832 Y: 1712335	0-0,5	Fyllning.	2,4	
		0,5-1,0	Sandig morän	3,6	
3	X: 7463819 Y: 1712372	0-0,5	Fyllning	3,2	
		0,5-1,0	Fyllning	3,0	
		1,0-1,6	Fyllning		
		1,6-2,0	Sandig morän	2,5	
4	X: 7463772 Y: 1712431	0-0,5	Fyllning	12	
		0,5-1,0	Fyllning	11	
5	X: 7463707 Y: 1712456	0-0,5	Fyllning	3,8	
		0,5-1,0	Fyllning	4,3	
6	X: 7463715 Y: 1712484	0-0,5	Fyllning	2,5	
		0,5-1,0	Fyllning	2,4	
		1,0-1,5	Fyllning	1,7	
		1,5-2,0	Fyllning	1,9	
7	X: 7463660 Y: 1712493	0-0,5	Fyllning	2,0	
		0,5-1,0	Fyllning	3,1	
8	X: 7463655 Y: 1712540	0-0,5	Fyllning	1,9	
		0,5-1,0	Fyllning	1,8	
9	X: 7463630 Y: 1712539	0-0,5	Fyllning	3,6	
		0,5-1,0	Fyllning	2,1	
10	X: 7463607 Y: 1712584	0-0,5	Fyllning	1,4	
		0,5-1,0	Fyllning	2,4	Ljusare fyllning
		1,0-1,5	Fyllning	3,2	Moränprovtagare använd
		1,5-2,0	Sandig morän	2,0	Moränprovtagare använd

Övrigt: tre prover togs på ytan.

Analysresultat

ELEMENT	SAMPLE	13 ytprov 1 jord	13 ytprov 2 jord	13:4 0-0,5 m jord
TS_105°C	%	94,2	96,5	94,1
olja	mg/kg TS	19000	43000	590
naftalen	mg/kg TS		0,08	
acenaftylen	mg/kg TS		0,32	
acenaften	mg/kg TS		<0,05	
fluoren	mg/kg TS		0,11	
fenantren	mg/kg TS		0,41	
antracen	mg/kg TS		0,06	
fluoranten	mg/kg TS		0,13	
pyren	mg/kg TS		0,10	
*bens(a)antracen	mg/kg TS		0,04	
*krysen	mg/kg TS		0,04	
*bens(b)fluoranten	mg/kg TS		<0,02	
*bens(k)fluoranten	mg/kg TS		<0,01	
*bens(a)pyren	mg/kg TS		0,01	
*dibens(ah)antracen	mg/kg TS		<0,01	
benso(ghi)perylene	mg/kg TS		<0,02	
*indeno(123cd)pyren	mg/kg TS		<0,02	
summa 16 EPA-PAH	mg/kg TS		1,3	
*PAH cancerogena	mg/kg TS		0,09	
PAH övriga	mg/kg TS		1,2	

ELEMENT	SAMPLE	13:1 0-0,5 m	13:5 0-0,5 m	13:10 0-0,5 m
TS	%	99,7	99,9	99,9
As	mg/kg TS	68,3	59,8	38,2
Ba	mg/kg TS	45,9	37,6	48,9
Be	mg/kg TS	0,402	0,535	0,423
Cd	mg/kg TS	0,153	0,103	0,223
Co	mg/kg TS	16,1	29,8	13,9
Cr	mg/kg TS	10,7	3,35	6,71
Cu	mg/kg TS	77,1	163	45,8
Fe	mg/kg TS	21600	16800	15600
Li	mg/kg TS	10,1	11,5	9,28
Mn	mg/kg TS	101	116	99,8
Mo	mg/kg TS	9,78	1,20	1,00
Ni	mg/kg TS	15,4	20,8	15,3
P	mg/kg TS	19700	17400	9360
Pb	mg/kg TS	12,4	8,58	21,9
Sr	mg/kg TS	47,6	66,7	38
V	mg/kg TS	27,5	17,9	19,1
Zn	mg/kg TS	671	15,7	1470

Objekt 14: Nuvarande tankplats

Sammanställning av fältprotokollen

Ort: Malmberget

Provtagningsdatum: 2004-07-01

Observatör: Linda Dahlström och Camilla Esberg

Provpunkt	Koordinater	Djup (m)	Jordart	PID	Anmärkning
					Provtagning kunde ej utföras eftersom div ledningar och kablar fanns överallt. Dokumentation har gjorts med kamera samt iakttagelser. Marken svart och lukt av olja.

Övrigt:

Objekt 15: Skrotgården

Sammanställning av fältprotokollen

Ort: Malmberget

Provtagningsdatum: 2004-07-01

Väder: Ca 20°C, sol, blåsig.

Observatör: Linda Dahlström och Camilla Esberg

Provtagningsmetod: Skruvborr, moränprovtagare.

Borrare: Mattias Lundberg, WSP, Luleå.

Maskin: GeoMaskin 75

Provpunkt	Koordinater	Djup (m)	Jordart	PID	Anmärkning
1	X: 7463228 Y: 1712918	0-0,5	Fyllning	3,8	
		0,5-1,0	Fyllning	3,6	
2	X: 7463261 Y: 1712886	0-0,5	Fyllning, grusig	4,5	
		0,5-1,0	Sandig morän	4,1	
		1,0-1,5	Sandig morän	2,9	
		1,5-1,8	Sandig morän	2,2	
3	X: 7463279 Y: 1712864	0-0,5	Sandig morän	1,9	
		0,5-1,0	Sandig morän	0,9	
4	X: 7463500 Y: 1712726	0-0,5	Sandig morän	2,3	
		0,5-1,0	Sandig morän	1,3	
5	X: 7463427 Y: 1712746	0-0,5	Fyllning, grusig	1,7	
		0,5-1,0	Sandig morän	3,0	
6	X: 7463417 Y: 1712780	0-0,5	Fyllning, sandig	1,0	
		0,5-1,0	Sandig morän	1,9	
		1,0-1,5	Sandig morän	3,6	Med moränprovtagare
		1,5-2,0	Sandig morän	2,9	Med moränprovtagare. Provet blött.
7	X: 7463386 Y: 1712785	0-0,5	Sandig morän	3,9	
		0,5-1,0	Sandig morän	5,0	
8	X: 7463363 Y: 1712820	0-0,5	Sandig morän	1,7	
		0,5-1,0	Sandig morän	4,2	
GV0403	X: 7463405 Y: 1712854	Rör satt 5 m ner i marken.			Vatten ca 3,5 m under marken 14/7 -04 Vatten ca 2,5 m under mark 20/7 -04 Vatten ca 2,2 m under mark 22/7 -04

Övrigt: Ledningar och kablar längs ena långsidan (längs med järnvägsspåret) gjorde att provpunkter ej kunde läggas där.

Analysresultat

Samlingsprovet består av 40 g från följande 14 prov:

15:1	0-0,5 m;	15:2	0-0,5 m;	15:1	0,5-1,0 m;	15:2	1,5-1,8 m;
15:3	0-0,5 m;	15:4	0-0,5 m;	15:4	0,5-1,0 m;	15:5	0,5-1,0 m;
15:5	0-0,5 m;	15:6	0-0,5 m;	15:6	1,5-2,0 m;	15:7	0,5-1,0 m;
15:7	0-0,5 m;	15:8	0,5-1,0 m.				

ELEMENT	SAMPLE	15 samlings- prov jord	ELEMENT	SAMPLE	15 samlings- prov jord
TS_105°C	%	95	TS_105°C	%	95
fraktion >C10-C12	mg/kg TS	<5,0	diklormetan	mg/kg TS	<0,80
fraktion >C12-C16	mg/kg TS	<5	1,2-diklorethan	mg/kg TS	<0,10
fraktion >C16-C35	mg/kg TS	100	1,2-diklorpropan	mg/kg TS	<0,10
bensen	mg/kg TS	<0,020	triklormetan	mg/kg TS	<0,030
toluen	mg/kg TS	<0,10	tetraklormetan	mg/kg TS	<0,010
etylbenzen	mg/kg TS	<0,020	1,1,1-triklorethan	mg/kg TS	<0,010
summa xylenar	mg/kg TS	<0,050	1,1,2-triklorethan	mg/kg TS	<0,040
summa TEX	mg/kg TS	<0,09	trikloreten	mg/kg TS	<0,010
styren	mg/kg TS	<0,040	tetrakloreten	mg/kg TS	<0,020
naftalen	mg/kg TS	0,27	monoklorbensen	mg/kg TS	<0,010
acenaftalen	mg/kg TS	<0,10	diklorbensener	mg/kg TS	<0,10
acenaften	mg/kg TS	<0,015	1,2,3-triklorbensen	mg/kg TS	<0,020
fluoren	mg/kg TS	0,083	1,2,4-triklorbensen	mg/kg TS	<0,030
fenantren	mg/kg TS	0,14	1,3,5-triklorbensen	mg/kg TS	<0,050
antracen	mg/kg TS	0,049	1234-tetraklorbensen	mg/kg TS	<0,010
fluoranten	mg/kg TS	0,18	1245/1235-tetraklorbensen	mg/kg TS	<0,020
pyren	mg/kg TS	0,16	pentaklorbensen	mg/kg TS	<0,010
*bens(a)antracen	mg/kg TS	0,073	hexaklorbensen	mg/kg TS	<0,010
*krysen	mg/kg TS	0,046	2-monoklorfenol	mg/kg TS	<0,020
*bens(b)fluoranten	mg/kg TS	0,062	3-monoklorfenol	mg/kg TS	<0,020
*bens(k)fluoranten	mg/kg TS	0,031	4-monoklorfenol	mg/kg TS	<0,020
*bens(a)pyren	mg/kg TS	0,043	2,3-diklorfenol	mg/kg TS	<0,020
*dibens(ah)antracen	mg/kg TS	<0,010	2,4+2,5-diklorfenol	mg/kg TS	<0,040
benso(ghi)perylene	mg/kg TS	0,018	2,6-diklorfenol	mg/kg TS	<0,020
*indeno(123cd)pyren	mg/kg TS	<0,034	3,4-diklorfenol	mg/kg TS	<0,020
summa 16 EPA-PAH	mg/kg TS	1,2	3,5-diklorfenol	mg/kg TS	<0,020
*PAH cancerogena	mg/kg TS	0,26	2,3,4-triklorfenol	mg/kg TS	<0,020
PAH övriga	mg/kg TS	0,9	2,3,5-triklorfenol	mg/kg TS	<0,020
As	mg/kg TS	20	2,3,6-triklorfenol	mg/kg TS	<0,020
Ba	mg/kg TS	45	2,4,5-triklorfenol	mg/kg TS	<0,020
Cd	mg/kg TS	<0,20	2,4,6-triklorfenol	mg/kg TS	<0,020
Co	mg/kg TS	25	3,4,5-triklorfenol	mg/kg TS	<0,020
Cr	mg/kg TS	20	2,3,4,5-tetraklorfenol	mg/kg TS	<0,020
Cu	mg/kg TS	77	2,3,4,6-tetraklorfenol	mg/kg TS	<0,020
Hg	mg/kg TS	0,42	2,3,5,6-tetraklorfenol	mg/kg TS	<0,020
Mo	mg/kg TS	1,1	pentaklorfenol	mg/kg TS	<0,020
Ni	mg/kg TS	32			
Pb	mg/kg TS	15			
Sn	mg/kg TS	<5,0			
V	mg/kg TS	120			
Zn	mg/kg TS	30			

ELEMENT	SAMPLE	15 samplings- prov jord	ELEMENT	SAMPLE	15:1 0-0,5 m jord	15:8 0,5-1,0 m jord
TS_105°C	%	95	TS_105°C	%	99,7	99,8
pcb 28	mg/kg TS	<0,0030	As	mg/kg TS	13,4	72,9
pcb 52	mg/kg TS	<0,0030	Ba	mg/kg TS	225	25,2
pcb 101	mg/kg TS	<0,0030	Be	mg/kg TS	0,298	0,146
pcb 118	mg/kg TS	<0,0030	Cd	mg/kg TS	0,885	<0,1
pcb 138	mg/kg TS	<0,0030	Co	mg/kg TS	23,8	18
pcb 153	mg/kg TS	<0,0030	Cr	mg/kg TS	44,5	1,66
pcb 180	mg/kg TS	<0,0030	Cu	mg/kg TS	201	53,7
summa 7 st pcb	mg/kg TS	<0,025	Fe	mg/kg TS	35400	11100
o,p'-DDT	mg/kg TS	<0,010	Li	mg/kg TS	5,96	5,67
p,p'-DDT	mg/kg TS	<0,010	Mn	mg/kg TS	298	62,4
o,p'-DDD	mg/kg TS	<0,010	Mo	mg/kg TS	8,93	0,542
p,p'-DDD	mg/kg TS	<0,010	Ni	mg/kg TS	105	10,5
o,p'-DDE	mg/kg TS	<0,010	P	mg/kg TS	3390	24900
p,p'-DDE	mg/kg TS	<0,010	Pb	mg/kg TS	120	8,48
aldrin	mg/kg TS	<0,010	Sr	mg/kg TS	32,7	74,5
dieldrin	mg/kg TS	<0,010	V	mg/kg TS	27,5	11,9
endrin	mg/kg TS	<0,010	Zn	mg/kg TS	354	17,7
isodrin	mg/kg TS	<0,010				
telodrin	mg/kg TS	<0,010				
alfa-HCH	mg/kg TS	<0,010				
beta-HCH	mg/kg TS	<0,010				
lindan	mg/kg TS	<0,010				
heptaklor	mg/kg TS	<0,010				
cis-heptaklorepoxi	mg/kg TS	<0,010				
trans-heptaklorepoxi	mg/kg TS	<0,010				
alfa-endosulfan	mg/kg TS	<0,010				

ELEMENT	SAMPLE	GV0401 Grund- vattenprov	ELEMENT	SAMPLE	GV0401 Grund- vattenprov
Dekantering		nej			
fraktion >C10-C12	µg/l	<10	diklormetan	µg/l	<6,0
fraktion >C12-C16	µg/l	<10	1,2-dikloreten	µg/l	<1,0
fraktion >C16-C35	µg/l	<20	1,2-diklorpropan	µg/l	<1,0
bensen	µg/l	<0,20	triklormetan	µg/l	<0,30
toluen	µg/l	<0,50	tetraklormetan	µg/l	<0,10
etylbenzen	µg/l	<0,10	1,1,1-trikloreten	µg/l	<0,10
summa xylenar	µg/l	<0,50	1,1,2-trikloreten	µg/l	<0,20
summa TEX	µg/l	<0,55	trikloreten	µg/l	<0,10
styren	µg/l	<0,20	tetrakloreten	µg/l	<0,20
naftalen	µg/l	<0,20	monoklorbensen	µg/l	<0,10
acenaftalen	µg/l	<0,10	diklorbensener	µg/l	<0,30
acenaften	µg/l	<0,025	1,2,3-triklorbensen	µg/l	<0,10
fluoren	µg/l	<0,020	1,2,4-triklorbensen	µg/l	<0,20
fenantren	µg/l	<0,020	1,3,5-triklorbensen	µg/l	<0,30
antracen	µg/l	<0,013	1234-tetraklorbensen	µg/l	<0,010
fluoranten	µg/l	<0,020	1245/1235-tetraklorbensen	µg/l	<0,020
pyren	µg/l	<0,020	pentaklorbensen	µg/l	<0,010
*bens(a)antracen	µg/l	<0,010	hexaklorbensen	µg/l	<0,0050
*krysen	µg/l	<0,016	2-monoklorfenol	µg/l	<0,10
*bens(b)fluoranten	µg/l	<0,020	3-monoklorfenol	µg/l	<0,10
*bens(k)fluoranten	µg/l	<0,010	4-monoklorfenol	µg/l	<0,10
*bens(a)pyren	µg/l	<0,010	2,3-diklorfenol	µg/l	<0,10
*dibens(ah)antracen	µg/l	<0,012	2,4+2,5-diklorfenol	µg/l	<0,20
benso(ghi)perylene	µg/l	<0,010	2,6-diklorfenol	µg/l	<0,10
*indeno(123cd)pyren	µg/l	<0,010	3,4-diklorfenol	µg/l	<0,10
summa 16 EPA-PAH	µg/l	<0,42	3,5-diklorfenol	µg/l	<0,10
*PAH cancerogena	µg/l	<0,050	2,3,4-triklorfenol	µg/l	<0,10
PAH övriga	µg/l	<0,37	2,3,5-triklorfenol	µg/l	<0,10
As	µg/l	<0,50	2,3,6-triklorfenol	µg/l	<0,10
Ba	µg/l	72	2,4,5-triklorfenol	µg/l	<0,10
Cd	µg/l	0,27	2,4,6-triklorfenol	µg/l	<0,10
Co	µg/l	18	3,4,5-triklorfenol	µg/l	<0,10
Cr	µg/l	<5,0	2,3,4,5-tetraklorfenol	µg/l	<0,10
Cu	µg/l	8,9	2,3,4,6-tetraklorfenol	µg/l	<0,10
Hg	µg/l	<0,30	2,3,5,6-tetraklorfenol	µg/l	<0,10
Mo	µg/l	<1,0	pentaklorfenol	µg/l	<0,10
Ni	µg/l	13			
Pb	µg/l	6,9			
Sn	µg/l	<0,50			
V	µg/l	<5,0			
Zn	µg/l	54			

ELEMENT	SAMPLE	GV0401 Grund- vattenprov
pcb 28	µg/l	<0,0011
pcb 52	µg/l	<0,0011
pcb 101	µg/l	<0,0008
pcb 118	µg/l	<0,0011
pcb 138	µg/l	<0,0012
pcb 153	µg/l	<0,0011
pcb 180	µg/l	<0,0010
summa 7 st pcb	µg/l	<0,0037
o,p'-DDT	µg/l	<0,010
p,p'-DDT	µg/l	<0,010
o,p'-DDD	µg/l	<0,010
p,p'-DDD	µg/l	<0,010
o,p'-DDE	µg/l	<0,010
p,p'-DDE	µg/l	<0,010
aldrin	µg/l	<0,010
dieldrin	µg/l	<0,010
endrin	µg/l	<0,010
isodrin	µg/l	<0,010
telodrin	µg/l	<0,010
a-HCH	µg/l	<0,010
b-HCH	µg/l	<0,010
lindan	µg/l	<0,010
heptaklor	µg/l	<0,010
cis-heptaklorepoxyd	µg/l	<0,010
trans-heptaklorepoxi	µg/l	<0,010
alfa-endosulfan	µg/l	<0,010

Objekt 16: Transformator vid borraripen

Sammanställning av fältprotokollen

Ort: Malmberget

Provtagningsdatum: 2004-07-01

Väder: Ca 20°C, sol, blåst.

Observatör: Camilla Esberg

Provtagningsmetod: spadborr

Borrare: Mattias Lundberg, WSP, Luleå.

Provpunkt	Koordinater	Djup (m)	Jordart	PID	Anmärkning
1	X: 7463156	0-0,15	Fyllning, grus	2,5	Manuell provtagning med spadborr.
	Y: 1712567	0,2-0,45	Sand, sedan morän	2,4	Manuell provtagning med spadborr.
2	X: 7463163	0-0,25	Fyllning, sten, grus	1,7	Manuell provtagning med spadborr.
	Y: 1712560	0,35-0,55	Sand	1,3	Manuell provtagning med spadborr.

Övrigt:

Analysresultat

ELEMENT	SAMPLE	16:1 0-0,15 m jord
TS_105°C	%	84,8
olja	mg/kg TS	9600
pcb 28	mg/kg TS	<0.030
pcb 52	mg/kg TS	<0.031
pcb 101	mg/kg TS	<0.032
pcb 118	mg/kg TS	<0.033
pcb 138	mg/kg TS	<0.034
pcb 153	mg/kg TS	<0.035
pcb 180	mg/kg TS	<0.036
summa 7 st pcb	mg/kg TS	<0.11

Bilaga 3. XRF-resultat

Vid XRF-analyserna användes NITON 700. Två avläsningar gjordes per prov och en mätosäkerhet räknades ut för varje avläsning. Halterna anges i enheten mg/kg TS och djupet anges i antalet meter. Följande prover skickades till Analytica för verifiering:

1:4 0-0,8 m; 12:8 0-0,5 m; 13:1 0-0,5 m; 13:5 0-0,5 m;
13:10 0-0,5 m; 15:1 0-0,5 m; 15:8 0,5-1,0 m.

Pkt	Djup	Mo	Pb	As	Hg	Zn	Cu	Ni	Co	Cr
1:1	0-1,0	< 17	< 25	< 26	< 10	< 43	< 72	< 195	< 525	< 495
		< 18	< 27	< 29	< 11	< 46	< 81	< 240	679 440	< 615
1:2	0-0,4	< 17	< 27	< 29	< 11	< 46	< 78	< 240	< 645	< 585
		16 10	34 19	< 28	< 9	< 43	< 74	< 240	809 460	< 615
1:2	0,4-0,8	< 22	< 39	< 39	< 14	< 63	< 107	< 375	1490 740	< 990
		< 15	< 23	< 23	< 9	< 36	< 59	< 180	< 510	< 480
1:3	0-0,4	< 19	55 24	< 36	< 12	92 45	667 87	< 270	< 735	< 675
		< 19	45 23	36 24	< 11	114 47	955 96	< 285	955 500	< 675
1:3	0,4-0,8	< 17	< 29	< 30	< 10	< 52	306 66	< 225	< 615	< 585
		< 17	44 22	< 31	< 11	< 55	315 69	< 270	1270 490	< 675
1:4	0-0,8	< 19	109 28	< 41	< 12	288 56	1070 100	< 315	1150 600	< 810
		< 23	87 32	< 48	< 16	379 71	1330 130	< 405	< 1185	< 1065
1:5	0,4-0,8	< 21	< 35	< 37	< 12	< 63	< 106	< 345	1520 680	< 915
		< 22	< 36	38 25	< 13	< 63	< 110	< 360	1939 710	< 945
1:6	0-0,7	< 15	< 25	< 25	< 8	107 30	< 69	< 195	606 360	< 510
		< 18	< 30	< 31	< 12	85 36	< 87	< 255	906 460	< 645
1:7	0-1,0	< 19	88 26	< 37	< 12	128 43	362 76	< 285	894 540	< 735
		< 22	152 33	67 33	< 14	259 55	271 88	< 375	< 1110	< 1020
1:8	0-0,5	< 15	< 23	< 23	< 9	< 40	< 67	< 195	< 525	< 495
		< 18	< 30	< 31	< 11	66 36	< 88	< 270	< 795	< 720
1:8	0,5-1,0	< 11	< 17	< 18	< 6	< 29	< 47	< 121	385 200	< 285
		< 15	< 23	< 23	< 8	< 39	< 64	< 180	653 330	< 465
2:2	0-0,5	< 14	< 20	< 21	< 8	43 22	< 50	< 126	< 285	< 300
		< 13	< 20	< 20	< 7	< 31	< 48	< 126	< 285	< 300
2:4	0-1,0	< 13	< 19	< 20	< 7	< 31	< 50	< 134	< 330	< 330
		< 15	< 23	< 24	< 9	< 37	< 60	< 165	< 405	< 420
9:1	0-0,5	< 16	< 29	< 31	< 11	< 51	< 95	< 270	854 520	< 690
		< 17	< 32	< 33	< 11	< 55	< 102	< 330	1560 650	< 870
9:1	0,5-1,0	< 16	< 26	< 26	< 10	< 42	< 69	< 210	< 570	< 510
		< 16	< 28	< 28	< 10	< 45	< 73	< 225	963 410	< 540
9:2	0-0,4	< 12	< 18	< 18	< 6	< 28	< 48	< 119	< 255	< 270
		< 12	< 18	< 19	< 7	< 28	< 47	< 117	< 255	< 255
9:2	1,0-2,0	< 12	< 17	< 19	< 7	< 29	< 48	< 119	< 255	< 285
		< 12	< 18	< 19	< 7	< 29	< 45	< 119	< 270	< 285
9:3	0-0,5	< 20	< 39	< 41	< 15	< 68	< 122	< 420	2059 820	< 1080
		< 23	< 43	< 43	< 14	< 76	< 135	< 480	2160 940	< 1230
9:4	0-0,5	< 14	< 21	< 22	< 8	< 35	< 56	< 150	544 260	< 375
		< 14	< 21	< 22	< 8	< 36	< 56	< 150	415 250	< 375
9:5	0,3-1,0	< 13	< 21	< 21	< 7	40 24	< 56	< 146	< 360	< 360
		< 13	< 21	< 22	< 8	< 34	< 58	< 150	< 390	< 390
9:5	1,0-1,5	< 13	< 21	< 21	< 8	< 34	< 54	< 140	468 220	< 345
		< 12	< 18	< 20	< 7	< 29	< 47	< 128	490 210	< 300
9:6	0,5-1,0	< 13	< 20	< 20	< 7	< 29	< 50	< 126	282 180	< 285
		< 13	< 19	< 19	< 7	< 31	< 47	< 122	275 180	< 300
9:6	0-0,5	< 17	< 32	< 33	< 12	< 51	< 97	< 285	1490 550	< 735
		< 18	< 32	47 24	< 13	< 57	< 103	< 330	1440 640	< 825
9:7	0-0,5	< 12	< 19	< 20	< 7	< 30	< 49	< 125	< 285	< 300
		< 11	< 16	< 17	< 6	< 26	< 41	< 108	< 255	< 255
9:8	0,5-1,0	< 10	< 17	< 17	< 5	< 25	< 41	< 97	< 195	< 225
		< 12	< 18	< 19	< 7	< 28	< 45	< 114	297 170	< 270
9:9	0-0,5	< 10	< 16	< 17	< 6	< 24	< 39	< 93	< 180	< 210
		< 12	< 19	< 19	< 7	< 30	< 48	< 122	< 285	< 300
9:10	0,3-0,5	< 13	< 18	< 18	< 7	< 28	< 45	< 115	< 255	< 270
		< 13	< 18	< 19	< 7	< 29	< 45	< 116	312 180	< 285
9:11	0-0,5	< 11	< 17	< 18	< 7	< 28	< 45	< 106	< 225	< 240
		< 11	< 17	< 18	< 7	< 29	< 48	< 120	< 270	< 285
9:11	0,5-1,0	< 11	< 17	< 18	< 6	< 28	< 43	< 108	< 240	< 240
		< 12	< 17	< 18	< 7	< 28	< 45	< 114	291 170	< 270
10:1	0-0,5	< 23	< 48	< 49	< 17	< 76	< 139	< 525	2499 1100	< 1364
		< 26	< 54	< 56	< 20	< 97	< 180	< 675	3930 1400	< 1800
10:2	0,5-1,0	< 15	< 24	< 25	< 9	< 41	< 66	< 180	582 330	< 450
		< 15	< 25	< 26	< 9	< 42	< 65	< 195	772 350	< 480

Pkt	Djup	Mo	< / ±	Pb	< / ±	As	< / ±	Hg	< / ±	Zn	< / ±	Cu	< / ±	Ni	< / ±	Co	< / ±	Cr	< / ±
10:4	0-0,5	<	28	<	60	<	59	<	22	<	101	<	195	<	690	3120	1400	<	1800
		<	26	<	58	<	58	<	20	<	100	243	130	<	690	4067	1400	<	1800
10:5	0,5-1,0	<	41	<	100	106	68	<	38	<	165	<	330	<	1410	7795	3000	<	3900
		<	37	<	91	<	90	<	32	<	142	<	285	<	1200	6547	2600	<	3300
10:7	0,5-1,0	<	47	<	122	132	82	<	46	<	195	<	390	<	1800	<	5549	5638	3299
		<	48	<	127	<	124	<	44	<	195	<	375	<	1650	<	5400	<	4800
10:8	0-0,5	<	31	<	72	<	71	<	25	<	114	<	210	<	840	5738	1800	<	2400
		<	33	<	72	<	73	<	26	<	120	<	225	<	900	5398	2000	<	2700
12:1	0-1,0	<	16	<	28	<	29	<	9	<	43	<	71	<	225	1250	420	<	570
		<	18	<	31	<	33	<	12	<	48	<	83	<	270	<	765	<	705
12:4	0-0,5	<	15	<	28	44	20	<	10	<	41	<	72	<	210	1100	390	<	540
		<	16	<	27	70	21	<	10	<	39	<	70	<	210	616	380	<	525
12:5	0-0,5	<	13	<	19	26	14	<	8	<	30	<	51	<	139	<	345	<	330
		<	15	<	24	37	17	<	9	<	35	<	62	<	165	691	300	<	420
12:7	0-0,5	<	19	<	33	<	35	<	13	<	55	<	93	<	315	<	945	<	810
		<	19	<	34	68	25	<	12	<	53	<	97	<	330	<	930	<	825
12:8	0-0,5	<	15	<	23	<	25	10	6	<	39	<	63	<	180	690	320	<	435
		<	16	<	25	46	19	<	10	<	40	<	68	<	195	612	370	<	510
12:8	1,0-2,0	<	17	<	28	<	29	<	10	<	44	<	74	<	225	1010	410	<	570
		21	11	<	26	<	26	<	9	<	40	<	63	<	195	553	360	<	480
13:1	0-0,5	<	21	<	42	122	33	<	16	769	80	<	135	<	435	<	1290	<	1110
		<	24	<	46	84	34	<	17	895	89	<	146	<	465	<	1364	<	1215
13:1	0,5-1,0	<	15	<	24	<	25	<	8	<	40	<	63	<	180	<	465	<	420
		<	15	<	23	26	17	<	8	<	39	<	64	<	195	1000	350	<	480
13:2	0-0,5	<	31	<	63	97	45	<	22	<	103	<	180	<	720	<	2250	<	1950
		<	30	<	60	89	43	<	21	<	97	<	180	<	690	3389	1400	<	1800
13:2	0,5-1,0	<	15	<	24	62	19	<	9	<	38	<	61	<	165	449	260	<	390
		16	10	<	24	53	18	<	9	<	38	<	60	<	165	425	260	<	375
13:3	0-0,5	<	16	<	30	45	21	<	10	<	47	<	82	<	285	1620	560	<	735
		<	23	<	43	77	32	<	16	<	72	<	125	<	435	2930	900	<	1155
13:3	1,6-2,0	<	14	<	24	<	25	<	9	<	40	<	65	<	180	<	465	<	450
		<	17	<	30	<	32	<	11	<	47	<	80	<	225	1020	440	<	585
13:4	0-0,5	<	18	<	32	56	23	<	12	<	49	<	86	<	285	<	795	<	720
		<	19	<	33	85	25	<	12	<	52	<	89	<	285	905	540	<	720
13:4	0,5-1,0	<	18	<	31	96	25	<	13	<	52	<	89	<	285	<	825	<	765
		<	17	<	32	67	24	<	12	<	48	<	83	<	270	1140	510	<	690
13:5	0-0,5	<	18	<	31	81	24	<	12	<	50	<	91	<	255	<	735	<	660
		<	20	<	36	94	28	<	14	<	56	<	99	<	330	1610	640	<	855
13:5	0,5-1,0	<	17	<	30	65	22	<	11	<	48	<	82	<	255	<	690	<	615
		<	19	<	33	76	25	<	12	<	53	<	89	<	285	985	550	<	720
13:6	0-0,5	<	19	<	33	46	24	<	11	<	51	<	89	<	285	1550	560	<	735
		25	14	<	36	57	26	<	12	<	50	<	89	<	300	1410	570	<	750
13:6	0,5-1,0	<	18	<	32	73	24	<	12	<	49	<	83	<	270	1420	510	<	675
		<	17	<	30	62	22	<	11	<	45	<	77	<	255	796	470	<	630
13:6	1,5-2,0	<	16	<	26	34	19	<	10	<	41	<	70	<	210	<	555	<	495
		<	20	<	36	57	26	<	13	<	56	<	101	<	330	<	930	<	810
13:7	0-0,5	<	21	<	37	69	28	<	14	<	63	<	110	<	360	1510	680	<	900
		<	23	<	42	84	31	<	15	<	67	<	122	<	420	1590	840	<	1095
13:7	0,5-1,0	<	18	<	32	38	23	<	13	<	52	<	90	<	285	<	810	<	705
		<	22	<	41	65	30	<	15	<	63	<	109	<	375	<	1065	<	930
13:8	0-0,5	<	22	71	32	55	32	<	15	<	70	<	116	<	420	1819	840	<	1095
		<	27	75	40	110	43	<	20	<	88	<	150	<	570	3000	1100	<	1500
13:8	0,5-1,0	<	19	<	34	54	24	<	12	<	53	<	95	<	300	1659	560	<	735
		<	17	<	29	32	21	<	11	<	46	<	84	<	255	<	705	<	630
13:9	0-0,5	<	18	<	32	39	23	<	12	<	52	<	89	<	300	<	840	<	750
		<	21	<	39	44	28	<	14	<	61	<	110	<	390	2090	760	<	975
13:10	0-0,5	<	27	<	55	75	38	<	20	4538	220	<	225	<	600	1899	1200	<	1500
		<	30	<	63	153	47	<	25	3488	210	<	240	<	720	2930	1500	<	1950
13:10	1,5-2,0	<	18	<	32	75	24	<	12	226	42	<	85	<	270	1330	500	<	660
		<	19	<	31	125	26	<	13	321	49	<	93	<	285	1540	540	<	705
15:1	0-0,5	<	32	146	52	<	78	<	26	644	110	301	160	<	750	<	2250	<	1950
		<	31	213	55	<	78	<	22	706	100	<	210	<	735	2389	1500	<	1800
15:1	0,5-1,0	<	33	<	73	<	75	<	27	149	89	<	225	<	840	3469	1699	<	2250
		<	30	<	70	<	71	<	24	146	82	<	210	<	795	3379	1600	<	2100
15:2	0-0,5	<	14	<	23	<	24	<	9	<	39	<	62	<	180	<	465	<	435
		<	16	<	26	29	19	<	9	<	43	<	70	<	210	572	360	<	495
15:2	1,5-1,8	<	20	<	40	64	28	<	14	<	60	<	98	<	330	<	960	<	840
		<	21	48	29	84	31	<	14	76	46	<	113	<	390	1430	750	<	975
15:3	0-0,5	<	19	<	30	<	31	<	11	<	49	<	85	<	270	1220	510	<	690
		<	19	<	30	47	22	<	12	<	52	<	84	<	285	2130	520	<	705
15:4	0-0,5	<	15	<	25	48	18	<	9	<	38	<	66	<	210	715	370	<	495

ARBETSMILJÖPLAN

SID 1 (4)

ORGANISATION

Uppdragsgrupp

Uppdragsansvarig	LKAB
Miljö- och kvalitetsansvarig	MRM Konsult AB Box 63 971 03 Luleå
Ansvarig för fältarbete	Johan Hörnsten, MRM
Övrig fältpersonal	Mattias Lundberg, WSP Luleå
Övriga	Linda Dahlström, LKAB Camilla Esberg, LKAB

Övriga

Beställare	LKAB
Tillsynsmyndighet	Länsstyrelsen

RISKER

Kemiska hälsorisker	Se nedan
Partikelbunden spridning	Vid damning skall ansiktsskydd användas
Avgång av gas	Ja! Där oljeföroreningar anses vara av hög koncentration ska ansiktsskydd användas
Brand och explosion	-
Syrebrist	Ökad vaksamhet vid arbete i schakt <i>(Förloppet kan gå mycket snabbt. Det kan räcka med två till tre inandningar innan medvetlöshet inträffar. Syrehalten i luften kan kontrolleras med direkt-visande instrument.)</i>
Värmeslag	Vaksamhet vid starkt solljus och höga temperaturer
Ras, skred och fall	Försiktighet bör iakttas vid branta sluttningar samt arbete i schakt
Manuellt arbete	Lämplig skyddsutrustning skall användas
Ensamarbete	-

ARBETSMILJÖPLAN

SID 2 (4)

Kommunikationshinder	-
Drunkning	-
Buller	Hörselkåpor skall användas vid borrar och grävning

KEMISKA HÄLSORISKER

Flyktiga aromatiska kolväten (VOC)	Närvaro av VOC kan mätas med PID. Vid lägre halter kan luftrenande ansiktsskydd med kombinationsfilter användas. Vid höga halter krävs luftförsörjande utrustning.
PAH	Lämplig skyddsutrustning skall användas
Oljor	Ansiktsskydd skall användas
Klorerade lösningsmedel	-
Fenol	-
Cyanider	-
Divätesulfid	-
Tungmetaller	Lämplig skyddsutrustning skall användas. Händer skall tvättas omgående efter arbete i fält samt efter arbete med prover.
Strålning	-

SKYDD

Skyddsnivå	C Luften innehåller mer än 19,5 % syrgas Uppmätta koncentrationer i luften inte är så höga att inte andningsmaskens filter klarar av det Uppmätta koncentrationer i luften, stänk eller annan hudkontakt innebär ingen risk för upptag genom huden Arbetsmomenten kräver i övrigt ingen luftförsörjning
------------	---

ARBETSMILJÖPLAN

SID 3 (4)

LAGAR OCH FÖRESKRIFTER

Miljöbalken	SFS 1998:808
Arbetsmiljölagen	SFS 1977:868
Arbetsmiljöförordningen	SFS 1977:1166
Användande av personlig skyddsutrustning	AFS 2001:3
Buller	AFS 1992:10
Gaser	AFS 1997:7
Maskiner och vissa andra tekniska anordningar	AFS 1994:48
Farliga ämnen	AFS 1994:2
Hygieniska gränsvärden	AFS 1996:2
Skydd mot skada genom ras	AFS 1981:15
Oljor	AFS 1986:13

ARBETETS TIDSOMFATTNING

Arbetet startar	28 juni 2004
Arbetet avslutas	2 juli 2004
Arbetsform	Dagtid, förlängda arbetsdagar

ARBETSMILJÖPLAN

SID 4 (4)

TELEFONLISTA

Säkerhet

Räddningstjänst	112
Sjukhus / läkare	0980-730 00
Akuten	0980-731 12
Arbetsmiljöverket	08-730 90 00

LKAB

Växel	0980-710 00	99
Vakten	0980-710 01	
Transport	0980-715 40	
Karl Zakrisson	0980-727 21	
Linda Dahlström	070-230 74 45	
Camilla Esberg	070-321 23 52	
Tina Roos	0980-716 57 070-342 16 57	
Susanne Rostmark	0980-713 74 070-342 13 74	
Rune Skarpsvärd (Labb Krn)	0980-714 18	
Hans-Åke Kleemo (Krn)	0980-715 40	
Sture Ringholt (Svp)	070-342 28 74	
Ingemar Kemi (Svp)	0980-728 36	
Karl-Erik Olofsson (Krn)	0980-761 98	
Inge Karlsson (Mbgt)	0970-762 27	
Bosse Gunillasson (Högspänningen)	0980-716 50	
Arne Lundström (Telefonledning)	0980-611 08	

MRM

	0920-604 60
Johan Hörnsten	070-330 52 30
Mattias Lundström	

Bilaga 5. Fältprotokoll - Objekt

Län Norrbotten	Ort	Objekt
Datum	Observatör	Objektets läge

Användningsområde
Påverkar något provtagningspunkternas placering? (Byggnader, hårdgjorda ytor, ledningar, tankar, etc.)
Ytliga föroreningar (oljefläckar etc.)
Vegetation
Sättningar som kan indikera avfallsfyllningar
Tecken på störd mark (omrörning, jordhögar etc.)
Påverkar något vattenflödet? (Diken, hårda ytor etc.)
Berg i dagen
Topografi
Markfuktighet
Recipient

Övriga kommentarer	Checklista <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Lukt <input type="checkbox"/> Färg <input type="checkbox"/> Grundvattennivå <input type="checkbox"/> Berggrunds djup <input type="checkbox"/> Recipient <input type="checkbox"/> Ytliga föroreningar
--------------------	--

Bilaga 6. Fältprotokoll - Provtagningspunkt

Län Norrbotten	Ort	Objekt	Provtagningspunkt
Datum	Observatör		Punktens läge

Beskrivning av markytan	
Vegetation	Borr- och provtagningsmetod
Borrare	Maskin

Djup i m	Profil	Jordart	PID-utslag	Anmärkning / Analyser

Övriga kommentarer	Checklista <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Lukt <input type="checkbox"/> Färg <input type="checkbox"/> Grundvattennivå <input type="checkbox"/> Berggrundsdjup <input type="checkbox"/> Provtagningsmetod <input type="checkbox"/> Ytliga föroreningar <input type="checkbox"/> Markfuktighet
--------------------	---

Bilaga 7. Frågeformulär

Frågeformuläret nedan sammanställdes av Naturvårdverket för att man lättare ska kunna bedöma om det går att använda de generella riktvärdena. Formuläret går att hitta i Naturvårdsverkets rapport 4638 (1996), Generella riktvärden för förorenad mark. Om svaret för alla frågor är "Ja / Stämmer" går de generella riktvärdena att använda. Om något svar är "Nej / Stämmer inte" skall de aktuella förutsättningarna på objektet skrivas ned och bedömning skall göras hur viktig parametern är, i vissa fall kan de generella riktvärdena fortfarande användas. Om svaret däremot är "Vet ej" bör man utföra ytterligare fältundersökningar.

Fråga	Ja / Stämmer	Nej / Stämmer inte	Vet ej
I Finns generella riktvärden för de föroreningar som utgör de största riskerna på objektet? (risker för negativa effekter på människor eller miljö)	X		
II De föroreningar som finns på objektet har inga kända eller misstänkta samverkans effekter. Om detta inte stämmer vilka är samverkans effekterna?	X		
III Det generella riktvärdet kan användas för alla typer av föroreningars tillgänglighet för spridning och upptag eftersom det i beräkningen antas att all analyserbar fraktion är tillgänglig. För vissa objekt blir risken överskattad om generellt riktvärde används vilket kan motivera en fördjupad riskbedömning.			X
IV Är halten organiskt kol i jorden över 2%? Om nej, vilken är halten organiskt kol i jorden?		X	
V För KM: är utspädningen mellan porvatten och grundvatten i närbelägen brunn större än 15 ggr? För MKM GV: Är utspädningen mellan porvatten och grundvatten i närbelägen brunn större än 30 ggr? Om nej hur stor bedöms utspädningen mellan provatten och grundvatten vara?	–	–	–
VI Är utspädningen mellan grundvatten och ytvatten större än 1/4000? Om nej, hur stor bedöms utspädning mellan grundvatten och ytvatten vara?			X
VII Är halten förorenad jord i utluften mindre än 40µg/m ³ ? Om nej, vilken halt förorenad jord finns i utluften?			X
VIII Är markens surhetsgrad mellan pH 5 och pH 7? Om nej, vilken halt förorenad jord finns i utluften?			X
IX Stämmer någon av de tre markanvändningsalternativen KM, MKM GV eller MKM med objektets markanvändning med avseende på exponeringsantaganden idag och i framtiden? Om ja, vilket markanvändningsalternativ stämmer (ringa in) KM MKM GV (MKM) Om nej, vilka exponeringsvägar är eller kommer att bli aktuella?	X		
X På objektet finns inte människor med ovanliga levnadssätt som ökar exponeringsrisken avsevärt.	X		
XI På objektet finns inte känsliga eller hotade arter eller specifikt skyddsvärda ekosystem som kan exponeras för föroreningen. Om detta inte stämmer, vilka känsliga ekosystem eller arter finns?	X		